

# Maß und Zahl in der gotischen Baukunst (Schluß)

Hecht, Konrad

Veröffentlicht in:  
Abhandlungen der Braunschweigischen  
Wissenschaftlichen Gesellschaft Band 23, 1971/72,  
S.25-236



Verlag Erich Goltze KG, Göttingen

# Maß und Zahl in der gotischen Baukunst

(Schluß)

Von **Konrad Hecht**

(eingegangen am 27. 4. 1971)

## V. Die Geometrie

Für den gotischen Architekten sei die Unkenntnis des Rechnens genauso bezeichnend gewesen wie die in der Handhabung der Geometrie erworbene Meisterschaft<sup>426</sup>. Daher habe er die Abmessungen eines Bauwerks am Reißbrett wie an der Baustelle mit Hilfe geometrischer Figuren ermittelt. Das Grundmaß solcher Figuren habe er als Vielfaches der orts- und zeitüblichen Maßeinheit angegeben.

Mit einem derart definierten Grundmaß ist vorausgesetzt, dem gotischen Architekten seien Zahl und Maßeinheit bekannt gewesen.

Das Grundmaß sucht man zumeist in der Breite des Mittelschiffs. Angenommen, der gotische Architekt habe in der Verlängerung dieses Grundmaßes weitere Strecken — etwa die Breite der Seitenschiffe — in gleicher Weise angeben wollen, hätte ihm gelingen müssen, auch die Länge der ganzen Strecke als Vielfaches der Maßeinheit anzugeben, denn aus drei Maßzahlen die Summe zu bilden, waren Kenntnisse der höheren Mathematik, über die der Architekt wohl tatsächlich nicht verfügte, nicht erforderlich, dazu genügte eine bescheidene Fertigkeit im „bürgerlichen Rechnen“, eine Fertigkeit, die jedem geläufig sein mußte, der auf dem Markt oder in der Schenke seine Münze gegen eine Ware und Wechselgeld tauschte.

Von dieser Voraussetzung ausgehend hätte nahegelegen, Maß und Zahl im gotischen Bauwerk aufzusuchen. Die Proportionsfiguren anzuzweifeln, ging jedoch nicht mehr an. So entwickelte man die Voraussetzung aus der längst feststehenden Schlußfolgerung: Der gotische Architekt war der höheren Mathematik unkundig, war aber in der Geometrie erfahren, weshalb er sich am Reißbrett wie an der Baustelle auf jene Proportionsfiguren berief, die man ihm post festum vorgezeichnet hatte.

Diese Argumentation verstößt gegen die Logik. Sie leidet überdies an einem weiteren Mangel: Über die Kenntnisse eines Bauzeichners verfügte der gotische

<sup>426</sup> COLOMBIER 1953, S. 69. — BOOZ 1956, S. 13 f. und 64. — WEDEPOHL 1967, S. 252. — Dagegen CALI 1963, S. 192: „Die Bauhüttenmeister des 12. Jahrhunderts konnten ganz bestimmt hinsichtlich des Herstellungspreises rechnen . . . Es ist wahrscheinlich, daß sie auch hinsichtlich der Proportionen Rechnungen anstellen konnten.“

Architekt gewiß. In der darstellenden Geometrie des Bauzeichners sind aber die Proportionsfiguren nicht aufzuweisen. So konnte nicht genügen, dem gotischen Architekten Erfahrung in der (darstellenden) Geometrie zu bescheinigen. Die hier in Frage stehende Geometrie war näherhin als Proportionsgeometrie zu definieren. Diesen Nachweis anzutreten, boten sich mehrere Möglichkeiten.

### A. Die Kunst der Geometrie

Die schriftliche Überlieferung bringt den mittelalterlichen Architekten mit der Geometrie oftmals in Verbindung.

Das alte Passional schildert den Beginn eines Bauvorganges mit den Worten: „... der sin wermeister was, einen vil schonen palas liez er in mezzen her unde dar“<sup>427</sup>.

In der Eneide des Heinrich von Veldeke ist es „der wîse man Gêometras der des werkes meister was“<sup>428</sup>.

Mit dem Bau seiner Burg Ardres beauftragte Graf Arnold von Guines gegen 1200 „... doctum geometricalis operis magistrum Symonem ... hic et illic iam in mente conceptum rei opus non tam in virga quam in oculorum pertica geometricantem ...“<sup>429</sup>

Villard de Honnecourt berichtete über „... die Kunst der (Grund)züge des Zeichnens, so wie die Disziplin der Geometrie sie lehrt, um leicht zu arbeiten“<sup>430</sup>.

Reymond du Temple, Hofarchitekt der französischen Könige Karl V. und Karl VI., war im Urteil der Christine de Pisans der „Sage artiste, lequel de géométrie, qui est l'art de mesurer et équerrir, compas et lignes s'entendait suffisamment bien et le montrait en devisant de ses édifices“<sup>431</sup>.

Die Mailänder Hütte hat dem Meister Heinrich (III., Parler), „probissimo viro, geometriaeque expertissimo magistro“ ein Lob zugedacht<sup>432</sup>.

Der in Bordeaux tätige Meister Colin Tranchant wurde 1425 als „maître en géométrie“ bezeichnet<sup>433</sup>.

Hannes de Ranconval, um 1470/80 Stadtbaumeister in Metz, wurde als „grand géométricien et expert en chiffre“ gerühmt<sup>434</sup>.

Matthäus Roritzer lehrte „den Anfang des ausgezogenen Steinwerks, wie er aus dem Grunde der Gemometrie hervorgeht“<sup>435</sup>.

Hans Schmuttermayer widmete sein Fialenbüchlein allen Meistern und Gesellen, die sich „der freyen kunst der Geometrie geprauchten“<sup>436</sup>.

Geht aus solchen Belegen hervor, der mittelalterliche Architekt habe mit geometrischen Proportionsfiguren gearbeitet? Lesen wir doch die Textstellen in ihrem Zusammenhang:

<sup>427</sup> Anzeiger f. Kunde des deutschen Mittelalters 1836, S. 391. — BOOZ 1956, S. 68.

<sup>428</sup> KLETZL 1935, S. 58.

<sup>429</sup> BOOZ 1956, S. 14.

<sup>430</sup> HAHNLOSER 1935, S. 91.

<sup>431</sup> KLETZL 1939, S. 18. — BOOZ 1956, S. 14.

<sup>432</sup> KLETZL 1935, S. 58. — BOOZ 1956, S. 14.

<sup>433</sup> H. STEIN, Les architectes des cathédrales gothiques, Paris 1929, S. 100. — BOOZ 1956, S. 14.

<sup>434</sup> KLETZL 1935, S. 58.

<sup>435</sup> BOOZ 1956, S. 14.

<sup>436</sup> Ebenda.

Heinrich von Veldeke berichtet in seiner Eneide von einem Baumeister, der den Namen seiner Kunst als Eigennamen führte. Dieser „wîse Gêometras“ errichtete die Grabkapelle der heldenhaften Jungfrau Camilla. Das Bauwerk wird beschrieben als eine 20 Fuß weite „sinwelle [runde] stat“; auf ihren Vorlagen saßen „swibogen [Rippen], sî wârî hōch zweinzich vûze“; in die Rippenscheitel war ein „fûchstein“ eingebaut, auf dem ein 40 Fuß hoher „phîlare“ stand, dar ûffe lach ein simezstein [Gesims], sinwele sibên fûze“ breit<sup>437</sup>.

Der zum Burghau in Ardres<sup>438</sup> herangeholte Meister Simon ging das eine mal vor „pertica geometricans“, mit der Meßlatte messend, das andere mal „in oculorum pertica geometricans“, eine Strecke nach Augenmaß abschätzend.

Villard de Honnecourt berief sich auf die „ars de iometrie“. Nach den Zeichnungen des Skizzenbuches zu schließen hat diese Kunst mit den Verfahren der Proportionsbegriffen nur die Geometrie gemeinsam<sup>439</sup>.

Dem Meister Reymond du Temple wurde nachgesagt, er sei ein Meister der Geometrie, d. h. der Kunst zu messen, rechte Winkel, Kreisbögen und Fluchten festzulegen; in dieser Kunst habe er sich in der Austeilung seiner Bauten als Meister erwiesen. Auf welche Weise er ein Bauwerk gemessen und ausgeteilt hat, erkennt man aus den Abrechnungen des von ihm geleiteten Louvre-Umbaues: nach Klafter und Fuß<sup>440</sup>.

Was man in der Mailänder Hütte, wo Heinrich Parler der „Geometrie“ wegen gelobt wurde, unter Geometrie verstand, geht aus den Protokollen der Hütte deutlich hervor: Zum Nachweis der beim Dombau unterlaufenen Maßungenauigkeiten nannte Jean Mignot in der Sitzung vom 11. Juni 1400 Maßzahlen in Mailänder Ellen und Zoll. In den Worten des Protokollführers fügte er seinen Vorwürfen hinzu: „Item de suprascriptis omnibus se reclament ad quoslibet magistros geometriae“<sup>441</sup>. In der Sitzung vom 15. Mai 1401 wurde Jean Mignot als „vero maestro di geometria“ angesprochen<sup>442</sup>; der von ihm vorgelegte Entwurf wurde als Dokument gerühmt, das sich gegen jene Blinden richte, die fälschlich behaupten, „di essere geometri“<sup>443</sup>. — In derselben Sitzung verhandelte man auch über einen Pfeiler des Camposanto, der irrtümlich nur halb so stark ausgeführt worden war als beabsichtigt. Einer der Vorschläge ging dahin, den Pfeiler bis zum Fundament abzubrechen und ihn „da un prudente geometra“ nochmals aufführen zu lassen<sup>444</sup>. — Als die bauleitenden Architekten in einer offenbar wichtigen, jedoch nicht genannten Frage uneins waren, beschlossen sie am 1. September 1409, den Predigermönch Giovanni da Giussano zuzuziehen, „esperto in tali cose e specialmente in geometria“<sup>445</sup>. — Am 20. September des folgenden Jahres erhielt derselbe „... Johannes de Gluxiano ... sacrae paginae professor scientiaeque geometriae valde peritus ...“ Honorar und hohes Lob<sup>446</sup>. — Abmessungen des Domes sind in den Protokollen mehrfach in den Mailänder Maßeinheiten angegeben<sup>447</sup>. Diese

<sup>437</sup> A. ILG, Beiträge zur Geschichte der Kunst und Kunsttechnik aus mittelhochdeutschen Dichtungen, Wien 1892, S. 45 ff.

<sup>438</sup> Vgl. Anm. 369.

<sup>439</sup> Vgl. Abschnitt III B 3.

<sup>440</sup> Vgl. Abschnitt VI A 6.

<sup>441</sup> Ann. I, S. 208.

<sup>442</sup> Ann. I, S. 224.

<sup>443</sup> Ann. I, S. 227.

<sup>444</sup> Ann. I, S. 228.

<sup>445</sup> Ann. I, S. 293.

<sup>446</sup> Ann. App. I, S. 297.

<sup>447</sup> Vgl. Abschnitt III A 3.



Maßeinheiten waren zugleich die Grundlage des Verdingungs- und Rechnungswesens der Bauhütte<sup>448</sup>.

Eneo Silvio Piccolomini, später Papst Pius II., hatte mehrfach Gelegenheit, das Straßburger Münster und andere Bauten der deutschen Gotik zu sehen. Sein Urteil überlieferte ein Straßburger Chronist mit diesen Worten: „In Architectura Germani excellentissimi sunt, quorum aedificia Aeneas Sylvius mirari se potuisse scribit, non commentare. Sunt meo, inquit, iudicio, Theutonici mirabiles mathematici, omnesque gentes in Architectura superant“<sup>449</sup>.

Matthäus Roritzer hat sich in seinem „puechle(n) d(er) fiale(n) gerechtikait“ ...<sup>450</sup> „ettwas berurter Kunst d(er) geometrey zuerleutern Un(d) am erst(e)n dasmale den anefang des auszgezogens stainwerchs wie vn(d) jn welcher mass das ausz dem grunde d(er) geometrey mit austailung des zirkels herfurkomen vnd jn die rechten masse gebracht werden solle Zuerclern furgenomen ...“ Die Erklärung beginnt mit den Worten: „Wilt dv ain grvndt reyss(e)n czw ainer vialen: nach stainmecischer art: avsz der rechten geometrey So heb an...“ — Roritzers *Geometria deutsch*<sup>450a</sup> enthält „Aus der Geometrey ettliche nutzpere stuckle(n) ...“, nämlich einen rechten Winkel zu machen, ein regelmäßiges Fünfeck bzw. Siebeneck, auch „ain gerecht acht eck“ zu konstruieren, den Umfang eines Kreises zu berechnen<sup>451</sup>, den verlorenen Mittelpunkt eines Kreisbogens wieder zu finden und ein gleichseitiges Dreieck zu konstruieren, das denselben Flächeninhalt besitzt wie ein gegebenes Quadrat.

Hans Schmuttermayer verfaßte sein Fialenbüchlein „... zutrost vn(d) vntterweysung vnnserm nachsten vn(d) alle(n) maisteren vn(d) gesellen die sich diser hohen vn(d) freyen kunst der Geometria geprauchten ir gemute speculirung vnd ymaginacion dem ware(n) grunt des maswercks paß (besser) zuuntterwerffen nach gedencken vnd ein zu wurtzeln“.

Rivius schrieb in seinem Vitruvkommentar: (1548, Bl. VIIIv) „Nach dem Reissen vnnnd Malen, setzt Vitruuius nit vnbilliche(n) am aller negsten die Geometri, dieweil alle ding in der welt begriffen, samenthafft oder sonderlichen alle gestalt sind, vnd eingeschlossen in jre eussere fleche vnd Corpus mit mancherley linien vnterschiedlicher qualitet, grösse, vnd proportion formirt, welches allein durch die Geometri in rechten verstand gebracht werden mag, ...“ — (Bl. XIv) „... Regel, Richtscheid, Winckelmaß vnd Pleywag ... haben ... alle sament iren grund auß der Geometri, vnd sind solcher künst ein gewiser Werckzeug, welche der künstlich Bawmeister nit gerathen oder entberen mag, ...“

Fassen wir fürs erste zusammen:

Zum einen wurde „Geometrie“ in dem uns geläufigen Wortsinn verstanden. Derart hat Roritzer den Inhalt seiner „Geometria deutsch“ zusammengestellt, derart hat Rivius die Geometrie in seinem Vitruvkommentar umschrieben.

Zum anderen wurde „Geometrie“ in einem enger gefaßten Wortsinn als die Kunst verstanden, die Länge einer Strecke anzugeben. Auf welche Weise die

<sup>448</sup> Ebenda.

<sup>449</sup> Wympheling Epit. Rer. Germ. I, S. 397. — STIEGLITZ 1820, S. 119, Anm. 26.

<sup>450</sup> RORITZER 1486, Bl. 2v f.

<sup>450a</sup> RORITZER 1487/88.

<sup>451</sup>  $\pi = 3\frac{1}{7} = 3.1428$ .

Länge solcher Strecken definiert wurde, ist dem Wort „Geometrie“ nicht abzulesen. Roritzer gab seiner Fiale — wenn man der Seitenlänge des ersten Quadrats eine rationale Maßzahl zuspricht — in der Horizontalen rationale und irrationale, in der Vertikalen nur rationale Maßzahlen. Schmuttermayer, der die Fiale nach dem gleichen Verfahren austrug, nannte beiderlei Maße schlicht und einfach „Schuh“. Mit dieser nicht schlechthin zutreffenden Bezeichnung scheint er zu verraten, man habe am Bau üblicherweise in Schuh, d. h. in Maßeinheiten, nicht in geometrisch definierten Strecken, gemessen. Diese Vermutung bestätigt sich: Meister Simon, *doctus geometricalis operis*, maß mit der Meßlatte. Reymond du Temple, *sage artiste de géométrie*, maß in Klafter und Fuß. Jean Mignot legte den *magistri geometriae* nahe, sich der in Ellen und Zoll benannten Fehlmaße des Mailänder Domes anzunehmen.

Die Adepten der These legen besonderen Wert darauf festzustellen, daß aus den Proportionsfiguren irrationale Maße hervorgehen. Der *doctus geometricalis operis*, der *artiste de géométrie*, der *grand géométricien* und der Meister *Géometras* haben in Maßeinheiten gemessen. Sie waren Meister der Geometrie, nicht der Proportionsgeometrie<sup>452</sup>.

### B. Die „geometrische Messung“

Den Mailänder Dom führte Rivius — seinem großen Vorgänger folgend — auf den „Teutschen Steinmetzen grund des Triangels“ zurück. Überdies sprach er mehrfach von der „geometrischen Messung“. Hier — so könnte man gegen die soeben gezogene Schlußfolgerung einwenden — liege doch klar auf der Hand: In den Rissen des Mailänder Domes hat Rivius die gleichseitigen Dreiecke angegeben, folglich ist unter der „geometrischen Messung“ ein Maßverfahren zu verstehen, das sich dieser oder anderer Dreiecke als Proportionsfiguren bedient.

Lesen wir im Vitruvius teutsch nach, was Rivius (1548) selbst unter „geometrischer Messung“ versteht:

(Bl. III) „Aus der Arithmetica oder kunst der Rechnung, mag er (der kunstreiche Architecto) den kosten des Baws vn(d) aller notturfft bey dem aller geringsten heller vberschlagen vnd verrechen, auch mancherley messung vnd proportion erfahren, so etwan durch die Geometri nit mag zu wegen bracht werden, vnnd dadurch mag er auch vil schwere auffgab, die sich in solchen hendlen Geometrischer rechnung, vnd kunst vergleichung mancherley proportion zu tragen, durch gewisse demonstration oder augenscheinliche bezeugnus entscheiden darthun vnnd wissen“. — (Bl. IXv) „Des gleichen lernet er auch andere ding so der Geometrischen messung als Acker vn(d) Veldt, Hoffstet, hohe, tieffe, breite etc. angehörig, . . . Vnd dienet solche kunst auch yetlicher bewegung, auffgrabung der erden, so alles außgerechnet wirt vn(d) vergliche(n) auß der maß, es sey schrit oder klafter, also verstand die zal der Meßsteb. so jme in allen

<sup>452</sup> Neuerdings wird die Proportionsgeometrie auch auf Bauten der Barockzeit angewandt. L. Chr. STURM (N. Goldmanns Vollständige Anweisung zu der Civil-Baukunst, Leipzig 1708, Anmerkungen S. 73) war dagegen überzeugt, ein irrationales Maß sei „gantz und gar incommensurabel und unfähig aller proportion“.

gebewen vnd was jm weiter förkum(m)t das er in das werck bringen will, alles in der Arithmetic gegründet“. — (Bl. XII) Nach Vitruv ist dem Architekten die Rechenkunst nützlich, um „die arbeiter, taglöhner vnd alle materi vnd notturfft so zum Bawwerck gehört zu bezalen vnd verrechnen, ... Dieweil aber solchs diser zeit nicht der brauch, auch dem Architecto zu beschwerlichen, ist jm doch die kunst in ander weg noch vil notwendiger, nemlichen zu rechter eygentlicher Geometrischer ermessung ... , darmit Klaffter, Rhuten, Werckschuch, Zol vnnd der gleichen außtheilung der Maß, so nach der zal gerechnet werden.“ — (Bl. XXXI) „... aus solcher ordentlicher außtheilung vnd zusammen setzung der zal, entspringt die warhafftig Sym(m)etria, nemlichen wann die zerlegten theil oder rechte glidmaß sich also recht vnd füglichen wider zusammen schicke(n) vn(d) auff einander gendt, ... So du aber der Symmetria behend und wol erfare(n) sein wilt, soltu dich der Geometrischen messung hefftig vben mit vergleichung der massen mit der zal, ...“

Rivius hat sein „Buch der geometrischen Messung“ 1558 „Allen kunstreichen Werckmeistern, Büxenmeistern, Steinmetzen, Mauren ... vnd dergleichen künstlichen Handwerkern ...“ gewidmet. Einleitend erläutert er, Längen, Breiten und Höhen seien in Maßeinheiten — kleiner Zoll, großer Zoll, Handbreit, Schuh, Elle usw. — zu messen. 58 Aufgaben der „geometrischen Messung“ samt ihrer Lösung folgen, beispielsweise unter Nr. 17:

„Es ist ein ronder Thurn, der hat 5 klaffter in die rond herumb oder Circumferentz, vnd auff solcher obersten ronde stet ein spitz 14 schuch  $7/22$  hoch auffgemauert dieweil nun diser Thurn einem Maurer nach dem werckschuch oder klaffter in die vierung verdingt wirdt, ist die frag wieuil dieser spitz geuierter klaffter halte. — Multiplicir 45 werckschuch, die geben dir die 6 klaffter, durch 14  $7/22$  werckschuch, so kommen dir  $644 \frac{7}{22}$  werckschuch, das halbteil von dieser summa, ist 322 werckschuch  $7/44$ , die diuidir durch  $56\frac{1}{4}$  schuchs, das ist die vierung einer klaffter, so kommen  $5\frac{8}{11}$  einer klaffter, für so[v]iel klaffter sol der Maurer bezalt werden für diser spitz zu mauren“<sup>453</sup>.

Was bereits gefolgert war, findet hier seine Bestätigung: Die „geometrische Messung“ beruft sich genauso wie die „Kunst der Geometrie“ auf Maßzahlen,

### C. Das „rechte Maß“

In den Schriftquellen ist überdies das „rechte Maß“ genannt, auch der „rechte Grund“, die „rechte Geometrie“, die „Maßgerechtigkeit“ oder — schlicht — das „Maß“. Auch diese Wortformeln gelten als historische Belege der Proportionierung<sup>454</sup>.

Die Ordnung der Steinmetzen zu Straßburg bestimmte 1459:

„Es sol auch kein Werkmann noch Meister noch Parlierer noch Geselle, niemans, wie der genennd sige, der nit unsers Hantwerks ist, us keinem uszuge unterwisen, us dem Grunde zu nemen: der sich Steynwerks sin tage nit gebrecht hett“<sup>455</sup>.

<sup>453</sup> Die Rechenaufgaben Nr. 7, 12, 19, 20 und 22 sind ebenfalls aus dem Bauwesen genommen.

<sup>454</sup> UEBERWASSER 1925, S. 84. — KLETZL 1935, S. 60. — KLETZL 1939, S. 18. — UEBERWASSER 1939 (Beiträge), S. 308. — UEBERWASSER 1949, S. 200 f. — FUNK 1955, S. 10 ff., 14, 30, 34, 46 und 53. — BOOZ 1956, S. 15.

<sup>455</sup> HEIDELOFF 1844, S. 36.

Matthäus Roritzer schloß seine erste Schrift mit den Worten:

„... du al teil riss noher [tilge alle Hilfslinien] so pleibt nur dy rechten riss dy noturftig sein jn d(er) fialen. Dar nach so haist dj figur ain rechte fiale(n) aus gezoge(n) ausz dem grunt Das ain exempel zu negst neben der geschrift gemacht stet d(er) gru(n)t vn(d) der auszug Also hat ain ent dz puechle(n) d(er) fiale(n) gerechtikait“

Der „rechte Riß“ ist im Gegensatz zur Vorzeichnung der richtige, endgültige Riß, d. h. die Reinzeichnung. Als Reinzeichnungen — die Hilfslinien sind ausgeschieden<sup>456</sup> — hat Roritzer den „grunt“ und den „auszug“ der Fiale auf derselben und auf der vorhergehenden Seite abgebildet. Mit „grunt“ ist demnach nicht eine Schlüsselfigur, sondern der Grundriß und entsprechend ist mit „auszug“ nicht ein aus der Schlüsselfigur gezogenes Extrakt, sondern der Aufriß bezeichnet. Die „Gerechtigkeit“ beruht darauf, daß die Fiale nach dem hier angegebenen Verfahren maßgerecht ausgetragen wird.

Die Visierbüchlein — bekannt sind zwei Drucke des Jahres 1485, von denen der eine mit Matthäus Roritzer in Verbindung gebracht wird, dazu Ausgaben von 1487 und 1531 — geben Anleitung, wie der Rauminhalt von Zubern und Fässern mit dem Zollstock zu ermitteln sei<sup>457</sup>. In diesem Zusammenhang heißt visieren offenbar soviel wie „messen“. Im 15. Jh. hat man die Bauzeichnung „Visierung“ genannt<sup>458</sup>. So möchte man die Bauzeichnung als ein „in Maßeinheiten Gemessenes“ verstehen.

Auch Lorenz Lacher spricht in seinen Unterweisungen vom „rechten“ Maß, von „Grund“ und „Auszug“, auch von der „Maßgerechtigkeit“:

Abschnitt (22) „... wans du den khor angelegt hast mit seiner mauer dickhe, so gib im auf einer Jeklichen seiten ein halben schuech zue, zu der mauer dickhe, vnd wanß tu mit dem bau herauß khombts über die Erdtten, so zieh den bau wider auf ein Neus ab, das er seine rechte mauer Dickhe wider bekhombt, mit den Pfeillern auf den rechten grundt...“<sup>459</sup> — (24) „Item hie wil ich dier bericht geben wie du etliche Turn mach(en) solst, mit sambt dem krinten [Gründen], vnd außziegen...“ Im folgenden Abschnitt sind für den Grundriß und für den Aufriß der Türme Maßzahlen in Schuh genannt. — Im Abschnitt 59 gibt Lacher an, wie die „Maße“ des Bauwerks „recht“ gewonnen werden: „Item wiltu aber das werckh gros machen, so muesdu es mit dem grossen schuech messen, wiltu aber das werckh klein machen, oder reisen, so muestu den kleinen schuech nemen, darnach muestu das Werckh theillen, die mauer dickhe vnd die weite, thue es, so ist es recht.“ An der Baustelle wie am Reißbrett ist es

<sup>456</sup> RORITZER 1486, Bl. 10; bereits auf Bl. 5 und 6 v hatte er Anweisung gegeben, die Hilfslinien zu löschen.

<sup>457</sup> F. GELDNER, Matthäus Roritzers „Büchlein von der Fialen Gerechtigkeit“ und die beiden Ausgaben des „Visierbüchleins“ von 1485, in: Gutenberg-Jahrbuch 1963, S. 60. — Die in Straßburg 1531 gedruckte Ausgabe (E. DIEDERICH, Deutsches Leben der Vergangenheit in Bildern, Bd. 1, Jena 1908, Abb. 440) trägt den Titel: „Eyn new Kunstlichs wolgegründts Visierbuch, gar gwiß vnnd behend auß rechter art der Geometria, Rechnung vnd Cirkelmessen, Darinnen mancherley Visier ruten oder Stab angezeygt zemachen, nach yeglicher landart Eichen und maß, dergleichen noch nie getruckt oder außgangen“.

<sup>458</sup> Ordnung der Steinmetzen zu Straßburg 1459. — Dem Frankfurter Riß A ist auf einem Zettel die Notiz beigegeben: „Diss ist die visierung des kirchthorns in sant Bartholomeus kirchen hie zu Franckenfurt, die meister Hans von Ingelheym ... hinder eine gehabt und in synem abescheit widder geliebert hatt uff dorstag nach Pauli conuersionis anno 90 primo ...“ (Wolff 1892, S. 47).

<sup>459</sup> Auch wir messen die hier als „recht“ bezeichnete Mauerstärke oberhalb des Sockels.

demnach „recht“, Baumaße in Schuh zu messen. — Auch zum „rechten“ Gewölbe gibt er eine Weisung: (85) „Item wer ein recht gewelb machen wil, der soll das wissen das die Creutzbogen, vnd der scheitbogen an dem obern lager, ein höche sollen haben, vnd die scheitbogen, sollen mit sein, an der Lagerung, wie die Schloßstein.“ — Ebenso erläutert er die „Gerechtigkeit“ des Langhauses: (79) „Item wer wissen wil, eines langwercks, gerechtigkeit, der sol nemen die Leng des kors vnd derselben leng zwo, sol das langwerck lang sein, vnd daß hochwerck sey also weit, der khor ist, vnd alß dickh, die mauer ist In dem hochwerckh, alß dickh sol die mauer sein, in dem khor, . . .“

Nachdem die Weite des Chores 20' oder 30' messen soll, die Länge des Chores das doppelte oder dreifache der Weite, die Mauerstärke des Chores ein Zehntel der Weite, stellt sich die „Gerechtigkeit“ des Langhauses in Maßzahlen dar.

Die Abmessungen der Formglieder entnimmt Lacher, wie erläutert, einer über der Mauerstärke des Chores errichteten Reißbodenfigur. Auch in diesem Zusammenhang spricht er vom „rechten Maß“, von „Grund“ und „Auszug“:

(35) „Item ich wil dir ein bericht geben, von etlichen ausgezogenen Steinwerckh, etliche nenes [nennen es] maßwerckh, so nenes etliche Zipernwerckh, heis(t) alles steinwerckh, waß sein rechte maß hat, vnd außteillung . . . aber dz man nent, außgezogen steinwerckh, oder Zipernwerckh, das hat mehr maß, auß dem grundt, vnd wie es sich herauf zeigt alß nemblich wimberg vnd figallen, . . .“ —

Die Austragung der Fiale (38) „ist der eingang, deß außgezogenen steinwercks.“ Nicht von einem nach Gutdünken aus seinen Zusammenhängen herausgelösten Gegenstand, sondern von diesem „Eingang“ berichten Roritzer und Schmuttermayer in ihren „Fialenbüchlein“. — Wie die doppelte Kreuzblume richtig auszutragen sei, will Lacher auf zwei Arten weisen

(41) „das du alle Dickhung selbs, mit einem Cirkel, In dem grundt machst [magst] nemen“<sup>460</sup>. — (40) „ . . . wan ich dier die Wimberg reisen werdt, das du dich, darnach gar leichtlich richten khanst, in dem grundt, und außzug, . . .“ — (42) „Item dieweil du guettermas verstanden hast, wie du ein figallen machen solst, auch ein Wimberg, auf mancherlay Art, so ist dier noth zuwissen, das du dieselbige In dem grundt zuelegen, vnd auf zueziehen . . .“ — (14) „ . . . reis drey firung durcheinander, so fintestu [findest du] lenge vnd breide, vnd ist der rechte grundt, darauß schier alle breder [Bretter, Schablonen] khomen, die man brauchen thuet, . . .“ — (45) „ . . . dieses muestu verstehn, wie du den ganzen außzug, auß dem grundt nemen solst, . . .“

Lacher gewann die Maße des Bauwerks und die Maße der Formglieder auf verschiedenen Wegen. Seine stets in Schuh bezifferten Baumaße leitete er zu meist aus der zu 20' oder 30' angegebenen Weite des Chores als Vielfaches bzw. als Bruchteil dieser Weite ab. Aus dem kleinsten Baumaß, der Mauerstärke des Chores, gewann er mit Hilfe einer Vierung über Ort — allerdings auf andere Art als die Adepten der These diese Figur gebrauchen — die Abmessungen der

<sup>460</sup> Auf die Kenntnis dieser Reißbodenfiguren scheint LACHER besonders stolz gewesen zu sein, denn er riet seinem Sohn (41): „Darumb solstu diese khunst, nicht für Jederman legen, auch nicht für einen Jeden Steinmetzen, der der khunst nicht erfahren ist, den dise khunst, gehert nuer für khünstler die es verstehn vnd wisen, wozue sie es brauchen soll(en), den dises nicht ein khunst ist, die für einen Jeden bauern taugt, . . .“

Formglieder. Demnach sind z. B. die Abmessungen des Langhauses und die Abmessungen eine Fiale zugleich nur insoweit als „recht“ zu bezeichnen, als beide auf dem ihnen jeweils zukommenden Wege zutreffend ermittelt sind. Im einen wie im anderen Fall hat Lachers „rechtes Maß“ mit den Proportionsfiguren der These nichts zu schaffen. — Mit Lachers „Grund“ steht es nicht anders: „Grund“ ist für ihn jede in der Grundrißebene liegende Figur — der Grundriß des Bauwerks genauso wie der auf dem Reißboden ausgetragene Grundriß eines Formgliedes —, aus welcher der Aufriß „auszuziehen“ ist. Nur in den „Grund“ der Formglieder, nicht in den des Bauwerks, ist die Vierung über Ort eingeschlossen. So ist nicht möglich, Lachers „Grund“ als Schlüssel- oder als Proportionsfigur eines Bauwerks zu verstehen.

Albrecht Dürer hat seine „Vnderweysung der messung mit dem zirckel vn(d) richtscheyt“ 1525 den Malern gewidmet, auch den Goldschmieden, den Bildhauern, Steinmetzen, Schreincrn „vnd allen den so sich des maß gebrauchen.“

Die Unterweisung ist ein auf die Bedürfnisse dieser Berufe zugeschnittenes Lehrbuch der Geometrie, das z. B. die geometrische Konstruktion einer Wendeltreppe sorgfältig darstellt (B 2v) „wie dan(n) die Steynmetzen das in jrem aufreissen sollen wissen zu mache(n)“. Solches Aufreißen geschieht in Grundriß und Aufriß. Verschneidet sich ein Bogenprofil mit einem Pfeiler (G 2v) „müsen (dise Ding) im grund ordenlich aufgerissen vnd darnach aufgezozen werden“. Ist die Höhe der Pfeilersockel zu bestimmen (G 2v) „hab ein yedlicher selb auf die rech(ten) maß acht, dann soltenn alle ding nach der leng aufgeschrieiben werden, wurd diß büchlein gar zu lang“.

Solches „rechte Maß“ hat Dürer seinen Denkmalentwürfen in Schuhzahlen beigelegt, ebenso seinem Entwurf eines Stadtturmes (Abb. 71), den er so beschreibt (J 2):

„So jch foren von den lengletten corperen ein wenig angezeigt hab, wil jch nun ein festen runden thuren leren machen . . . dieser thuren soll gemacht werden in einer stat an dem aller gelegesten ort vnd mitten auf einen marckt gestelt . . . diser marckt soll auf das aller wenigst so weyt sein das ein seyten von seiner fierung fünf hundert schuch (w)er lang. Auf disen platz stell in der mit ein runde stiegen zehen schuch hoch von achtzehn staffelen, vn(d) ein yecliche staffel mach eyns schuchs breyt . . . vn(d) den Diameter . . . durch die vndersten staffel . . . mach hundert schuch lang . . . Darnach stell mitten auf diese stiege(n) den thuren vnd mach jn vnden vierzig schuch weyt mit samt der mauren die mach vnden dick zehen schuch so bleibt der thure(n) inwendig holl zweyntzig schuch durch den Diameter, die selbig weyten für inwendig gerad, inauf . . . biß zum gang . . . daselb mach die mauer fünf schuch dick so . . . wirt der thuren oben eyns viertheyls schmelser dann vnden . . . Darnach mach den thuren von vnden auf biß vnder die dachung zweyhundert schuch hoch<sup>461</sup>, so wirt er seiner vndersten weyte(n) fünfer hoch . . . Darnach mach ein schmalenn vmgang vmb den thuren, der mauren höhe gleych, der mit dem gesims vnd allem nit weyter herab tret dan(n) acht schuch vnd lad jn drey schuch weyt auß . . . Darnach setz auf die thuren maur ein

<sup>461</sup> Die Mauerstärke am Fuß des Turmes entspricht damit einem Zwanzigstel der Höhe des Turmes. Wie BOOZ (1956, S. 86) bemerkt hat, geben Lacher und des Chores Maß das gleiche Verhältnis an.

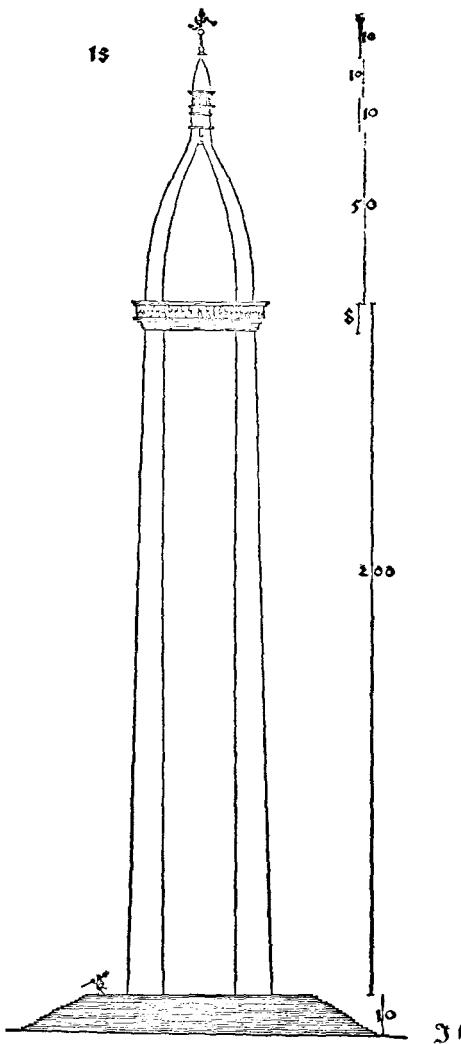


Abb. 71. Albrecht Dürer, Entwurf eines Stadtturmes, 1525.

gemauerte(n) dachung . . . dise dachung mach fünftzig schuch hoch biß vnder das glockenhaus. Aber das glockenheuslein mach fünf schuch breyt vnd zehen hoch . . . vn(d) die dachung darauf mach auch zehen schuch hoch . . . Darnach mach die stangen knopf vnd fannen auch zehen schuch hoch . . . Diser thuren ist hernach aufgerissen.“

So haben Dürers „Grund“ und Dürers „rechtes“ Maß ihren Platz zu Recht in der „Unterweisung der Messung“, nicht in der Geometrie der Proportionsfiguren.

Auch Rivius äußerte sich in seinen beiden Veröffentlichungen über „Maß“, „Grund“ und „Gerechtigkeit“.

Im Vitruvius teutsch liest man (Rivius 1548, Bl. III), der Architekt solle „einen guten bericht haben auch der Geometri, das ist des Zirckels vnnd Richtscheidts gerechtigkeit, . . . Die Geometri lernet in die messung, gibt jm auch grundt vnd bericht der gerechtigkeit Zirckels vnd Richtscheidts, das jm nit wenig vorthail bringt in der außtheilung, niederlegung vnd auffziehung der werck in grundt, mit aller messung mit Pleywagen, oder dergleichen abwegung in eck vnd winckel, wie dann solches alles in der gerechtigkeit Zirckels vnd Richtscheidts begriffen.“ — (Bl. X v/XIv) „Weiter gedenckt Vitruuius der nutzbarkeit, welche der erfarne Bawmeister auß der kunst der Geometri haben mag, dan(n) er spricht erstlichen, das jm die selbig nit wenig nutz, behulfflichen vnd furtreglichen sein werde, fürnemlichen dar durch die gerechtigkeit des Cirkels vn(d) der Linialn oder Richtscheids zuerlerne(n), welche gerechtigkeit jm sonderlich notwendig zu wissen, dieweil alles reissen, malen vn(d) entwerffen oder auch in grund legen, das erst fundament haben von linien . . . die alle aus dem grundt der Geometri den vrsprung haben, durch die gerechtigkeit des Cirkels vnd Richtscheids, . . .“ — (Bl. XXIVv) „Die Ichnographia bringt durch ringen behelff des Cirkels vnnd Richtscheids den gantzen baw in den grundt, darauß er auff gezogen werden solle . . . Aber die Orthographia bezeichnet solcher gestalt den auffgezogne(n) baw wie er vorne(n)her anzuschawen“<sup>462</sup>. — (Bl. XXV) „Eurythmia aber ist die da gibt die schöne gestalt in der ordentlichen vnd bequemen außtheilung aller glider oder angehörenden theilen des baws, nemlichen wo solche der gestalt abgemessen, eingerichtet, geschickt vnd verordnet werden, wo man sie in der höhe mit der breite oder in der breite gegen der lenge vergleicht, das sie in allem solchem jr rechte oder geburliche maß halten, vnd in rechter Symmetria, gegen dem gantzen baw gefunden werden“. — (Bl. XXVIv) „Darumb so wir etwas fürnemen wollen, ist von nöten das solche materi geschickt vnd wol disponiert sey, . . . dann die Dimension oder messung dienet der materi nit sie habe denn ein quantitet oder grösse, die quantitet oder grosse, ist ein abmusterung des wercks so gemacht ist oder gemacht werden sol, daraus wir solche grösse nach der proportion erlerne(n) möge(n), . . . Die Ichnographia ist der grundt des wercks so man ein gebew im grund abreisset solches nennen die Frantzosen La platte forme, aber die Italiener Plantam . . . wie wol die gemeine(n) werckleuth solche(n) grund auch Holme vnd Pedane nennen, dan wie der fußstapffen oder spur ein vorbildung des fuß also ist auch solcher grund ein anzeigung des gantzen Baws, mag auff die Hoffstat des baws oder auff papier vnd der gleichen auffgerissen werden.“ — (Bl. XXVIII) „Dieweil wir solches herlichen gebew (des Mailänder Domes) grundlegung mit gnugsamer erklerung auch augenscheinliche(n) figuren der abtheilung gnugsam für auge(n) gestellt haben, volgt weiter nach der leer Vitruuij, das wir auch solchen auffgerissenen oder niedergelegten grund vbersich ziehen, welcher auffzug vnd auffurung aus dem grund von Vitruuio Orthographia genent wirt, das ist die gerechte vorbildung eins solchen baws, wie er dann zu vorderst anzuschawen, welches vorder teil wir nit vnbillich die Furwand nenen, oder wie die Welschen die Faciete(n) . . .“

<sup>462</sup> „Grund“ und „Auszug“ im Sinne von Grundriß und Aufriß auch auf Bl. XXX v, CV, CVI, CVI v, usw.



In seinem zweiten Werk spricht Rivius im „Buch der newen Perspectiua“ (1558, I; Bl. II v) von einer „gerechten vierung“; die zugehörige Abbildung zeigt ein Quadrat.

Im „Buch Geometrischer Messung“ erläutert er den Begriff des „gerechten Maßes“ in aller Ausführlichkeit (Rivius 1558, III; Bl. I):

„Merck für das erst, das dreyerley vnterschiedlicher manieren sind des messens, deren ding, welche sich in ein gerechte Maß, oder gebürliche Mensur begeben mögen, Als ein gerade Lini, wirdt etwo allein in der leng gemessen, . . . Weiter so wirdt etwan ein ding auch nach der lenge vnd breyte gemessen, als eine jede fleche . . . Zum dritten messen wir mancherley Körperliche ding, nach der lenge, breite, vnnnd tieffe, . . . Also wirdt durch die erste manier der messung, die rechte maß der Linien gesucht. Durch die ander manier, die maß der ebnen, flächen vnnnd superficies. Nach der dritten die maß Körperlicher ding, so man Solida nennet. Vnnnd sind die zwo letzte messungen der ebne end tieffe . . . auch in der messung der Linien gegründet. Darumb wir erstlichen die rechte messung der Linien, darnach der ebnen, flächen, vnnnd superficies, vnd auffß letzte im andern Buch der Geometrischen messung, die messung Körperlicher ding anzeigen vnnnd beschreiben wöllen. Vnd für das erst, so merck weiter, das abermals dreyerley vnterschiedlicher manier, . . . sind der messung der Linien, dann solche Linien werden verstanden nach der zwerch, auff freyer ebne erstreckt, oder von der selbige ebne gerade in die höhe vber sich gezogen, als die Linien so wir in auffgerichten Mauren, vnnnd andern dingen die auffrecht stehen, imaginiren, oder wa dise linien nach der Bleywag in die tieffe hinunter gesenckt sind, als die Linien der tieffe der Gefäß, Brunnen, Gräben, vnnnd dergleichen, welche Linien alle in ein rechte maß fallen mögen, . . .“

Rivius nennt das Maß „recht“, wenn es zutreffend gemessen ist. In diesem Fall ist ihm „Messung“ soviel wie „Dimension“. Er nennt das Maß auch „recht“, wenn es zutreffend begründet ist. In diesem Fall ist ihm das „gerechte Maß“ die „gebürliche Mensur“. Strecken, Flächen und Körper zu „messen“, ist ihm Sache der Geometrie. Nur mit ihrer Hilfe ist es möglich, den Entwurf eines Bauwerks in Grund- und Aufriß auszuteilen, an der Baustelle die Horizontalen und die Winkel einzuhalten — kurzum die Geometrie verbürgt „des Zirkels und Richtscheits Gerechtigkeit“, ohne deren Beistand kein Architekt bestehen kann.

## D. Schluß

In der Geometrie einbeschlossen sind auch die Hilfsfiguren. Villard gebrauchte sie als Zeichenbehelfe. Die Schreiber des Wiener Musterbuches, Roritzer, Schmuttermayer und Lacher gewannen aus solchen Figuren die Abmessungen der Formglieder eines Bauwerks.

Mehr noch: In den anspruchsvollsten Entwurfsaufgaben der Gotik — man denke an den Übergang vom Vierort zum Achtort eines Turmes oder an die Austragung eines katedralen Chorschlusses — war bereits der erste Entwurfs-gedanke notwendig verschwistert mit der Geometrie, außerhalb derer es keinen Spielraum gab, diesen ersten Gedanken zu einem baureifen Entwurf weiter zu entwickeln.

So verstanden war es für den gotischen Architekten eine Auszeichnung, als „Meister der Geometrie“ zu gelten — der Geometrie, nicht der Proportionsgeometrie.

## VI. Die Zahl

Der gotische Architekt sei in den Grundrechnungsarten wenig bewandert gewesen. Dazu ein Hinweis:

Der Mathematiker Leonardo da Pisa begann sein unter dem Titel *Liber abaci* bekanntes Lehrbuch der Algebra im Jahre 1202 abzufassen. In diesem Lehrbuch beschränkte er sich nicht darauf, die Rechenregeln anzugeben, vielmehr erläuterte er jede Regel mit Beispielen. Eines dieser Beispiele lautet: In einem 50 Palm tiefen Brunnen sitzt ein Löwe. Täglich krabbelt er  $\frac{1}{7}$  Palm nach oben, täglich rutscht er  $\frac{1}{9}$  Palm zurück. Nach wieviel Tagen wird er den Brunnen verlassen? — Eine zweite Aufgabe: Am Fuße eines 100' hohen Turmes haust eine Schlange. Täglich kriecht sie  $\frac{1}{3}$  Palm nach oben, täglich rutscht sie  $\frac{1}{4}$  Palm zurück. Oben auf dem Turm lebt eine zweite Schlange. Sie kriecht täglich am Turm  $\frac{1}{5}$  Palm hinab, kriecht aber täglich  $\frac{1}{6}$  Palm wieder zurück. Am wievielten Tage werden sich die beiden Schlangen treffen?<sup>463</sup>. — Oder: Eine 20' breite, 24' lange und 30' tiefe Zisterne sei mit Wasser gefüllt. Angenommen, ein aus Stein hergestellter Würfel von 6' Kantenlänge werde in die Zisterne geworfen — wieviel Wasser würde aus der Zisterne überfließen?<sup>464</sup>

Ein 50 Palm tiefer Brunnen, ein 100' hoher Turm, eine  $20' \times 24' \times 30'$  große Zisterne — sind dies Erfindungen Leonardos, oder war man damals gewohnt, Abmessungen von Bauwerken in Maßeinheiten anzugeben? Leonardo hatte in dieser Frage keine Zweifel; in seinem zweiten, 1220 begonnenen Werk, der *Practica geometriae*, versicherte er: *Mensurantur quidem agri. et spatia domorum cum perticis et pedibus et uncis linearibus*<sup>465</sup>. Sollte im 13. Jh. nur dem Mathematiker bekannt, dem Architekten aber unbekannt gewesen sein, daß man Bauwerke mit Rute, Fuß und Zoll zu messen habe?

Die Proportionsliteratur will uns glauben machen, die ungeteilte Aufmerksamkeit des gotischen Architekten habe der Erfindung und Anwendung umständlicher Zeremonialvorschriften proportionierender Rituale gegolten, woraus alles, was „hohe“ Kunst ausmacht, von alleine hervorgegangen sei. Aber war der gotische Architekt wirklich, vor dem Nächstliegenden abdankend, auf solch hintersinnige Weise in diese „hohe“ Kunst entrückt?

### A. Maßzahlen in Schriftquellen

Auch im Mittelalter gab es Bauordnungen und Bauverträge, Kostenanschläge, Aufmaße und Abrechnungen. In Schriftstücken, die von solch irdischen Dingen

<sup>463</sup> Beide Beispiele: BONCOMPAGNI 1857, S. 177.

<sup>464</sup> Ebenda S. 404.

<sup>465</sup> BONCOMPAGNI 1862, S. 3. — Vincenz von BEAUVAIS († 1256) erläuterte den von Vitruv übernommenen Begriff Symmetria im 11. Buch seines *Speculum* mit den Worten: *Symmetria est ipsius operis membris conveniens consensus, ex partibus separatis ad universae figurae specimen late partis responsus, ut in hominis corpore e cubito, pede, palmo, digito ceterisque particulis.*

berichten, sind, wie nicht anders zu erwarten, Maßzahlen genannt. Genauso nannte Maßzahlen, wer einen Entwurf beschrieb oder über ein bestehendes Bauwerk nähere Auskunft gab<sup>466</sup>.

### 1. Bauordnungen

Aus einmaligen Voraussetzungen hervorgehende Bauten beanspruchen ihr eigenes Recht. Die Mehrzahl aller Bauten befriedigt wiederkehrende Bedürfnisse. Hier dem subjektiven Gutdünken zum Wohle Aller Richtlinien zu setzen, galt dem Mittelalter als eine dem Rechtsträger zustehende Aufgabe. Von ihm — ob König, Stadtrat oder Ordensoberer — erwartete man Satzungen, die klar und einfach das Materielle des Bauens regeln.

#### a) Vom Grundherrn erlassene Bauordnungen

*Monségur 1265* Éléonore de Provence, Königin von England, verlieh für die soeben gegründete Stadt Monségur das Recht der Ansiedlung. Die Hausgrundstücke messen  $24' \times 72'$ , die Straßenbreite  $24'$ <sup>467</sup>.

*Thorn 1357* Der Deutschorden schrieb der Stadt Thorn vor, „dass keyne beyschlaege oder gesaesse vorm hawse groesser denn  $3 \frac{1}{2}$  ellen lang und  $\frac{5}{4}$  hoch seyn solten“<sup>468</sup>.

#### b) Vom Stadtrat erlassene Bauordnungen

*Douai 1264* Der Stadtrat beschloß für alle in die Stadt künftig hereingeführten Quader: Breite und Höhe 8", Tiefe 6"<sup>469</sup>.

*Toulouse 1286* Der Stadtrat beschloß, den Überstand der Fachwerkhäuser auf 1 Spanne zu beschränken; er beschloß ferner, im Erbgang geteilte Gärten seien mit — bis 10 Spannen hohen — Mauern zu scheiden<sup>470</sup>.

*Nürnberg 1464—75* Endres Tucher berichtet in seinem Baumeisterbuch: Bei Gelegenheit eines Hausbaues die Straßenbreite zu mindern, sei nicht statthaft; mit dem Abbruch eines Hauses durften die Handwerker daher nicht beginnen, „sie haben dann vor der stat paumeister darob gehabt, der dann das abmessen und eigentlichen verzollen soll, also das das new wider gesetzt und gestellt werd an des alten statt, darnach soll der stat paumeister wider dazu komen und das messen lassen. nachdem er das vorge-nomen hat, und wo das dann weiter füre [vor] das zill gemacht were worden, dann ein paumeister verzollt hett, das soll ein paumeister einem rat furprengen“. — Gelegentlich gestattete der Rat, eine Baufucht um 1',  $1 \frac{1}{2}'$  oder 2' vorzurücken, so bei einem schiefwinkligen Grundstück um „anderthalb schu . . .“, die außgingen in viertzig Schuen nach der leng, darmit er sein haus in ein winckelmeß procht“. — Niemand durfte näher an die Stadtmauer bauen „als der stat gesetz außweist, nemlich achtzehn statschuch von der statmeur dick . . . hinter der statmeur, und vor der stat gegen dem statgraben

<sup>466</sup> Derlei Nachrichten sind aus England in beträchtlicher Zahl bekannt, kaum weniger zahlreich aus Frankreich; Deutschland, Italien und Spanien stehen zurück. Dies aus äußeren Gründen: Salzmann hat die englischen Quellen gesammelt, vieles findet sich bei MORTET (1911) und MORTET-DESCHAMPS (1929); im übrigen ist, wer finden möchte, auf Glück und Zufall angewiesen.

<sup>467</sup> MORTET-DESCHAMPS 1929, S. 291.

<sup>468</sup> DEWISCHEIT 1899, S. 184.

<sup>469</sup> GIMPEL 1958, S. 82.

<sup>470</sup> MORTET-DESCHAMPS 1929, S. 304.

sechsendreissig statschu.“ — Baugrundstücke durften nur geteilt werden, wenn deren Frontlänge wenigstens 50' betrug<sup>471</sup>.

*Florenz 13./14. Jh.* Die Familientürme waren bis zur Höhe von 50 Ellen abzutragen. Als angemessene Breite einer Hauptstraße galt 12 Ellen, einer Nebenstraße 8 Ellen. Mehr als 6 Ellen breite Vorbauten durften erst 8 Ellen über der Straße beginnen. Alle Häuser sollten auf der Straßenseite 4 Ellen — später 16 Ellen — hoch aus Ziegelmauerwerk bestehen<sup>472</sup>.

### c) Von den Ordensoberen erlassene Bauordnungen

*Constitutiones antiquae ordinis fratrum praedicatorum 1228* Die von den Ordensbrüdern errichteten Klosterbauten seien bescheiden und mäßig groß; eingeschossige Bauten seien nicht höher als 12', zweigeschossige Bauten nicht höher als 20', die Kirche nicht höher als 30'<sup>473</sup>.

## 2. Bauverträge

In den Bauordnungen setzte der Rechtsträger Richtlinien für jedermann. In den Bauverträgen schloß er mit dem Bauherrn ein — möglicherweise wechselseitiges — Abkommen für den Einzelfall.

*Mirvaux 1223* Theobald IV., Graf der Champagne, erlaubte dem Edelmann Heinrich von Mirvaux, sein nahe der Ortschaft Mirvaux stehendes Haus mit einer 15 1/2' hohen, 2 1/2' starken Ringmauer zu umgeben<sup>474</sup>.

*Fontainebleau 1234* Das Kapitel von Notre-Dame in Paris und der Dekan von S. Martin in Tours kamen überein, unweit Fontainebleau eine Grangie nach folgenden Maßen gemeinsam zu errichten: der Hof 40 Kl. (tesiae) lang und 30 Kl. breit, von einer 18' hohen Mauer eingeschlossen. Die seitlich des Tores liegende Unterkunft 10 oder 12 Kl. lang. Die Scheune wenigstens 20 Kl. lang und etwa 9 Kl. breit, ihre Traufhöhe 12'<sup>475</sup>.

*Narbonne 1244* Dem Rat der Stadt Narbonne gegenüber verzichtete Abraham, Sohn des David aus Montpellier, auf das ihm bisher zustehende Recht, im ummauerten Hof seines Hauses Verkaufstische aufzustellen, behielt sich aber das Recht vor, eine 3 Spannen und 1/2 Rute<sup>476</sup> lange Mauer auf diesem Grundstück zu errichten und eine 4 Spannen breite Türe in die Hausmauer zu brechen. Weiter ist von einer als Windschutz im Winkel errichteten Mauer die Rede, deren Länge in der einen Richtung 2 Ruten und 7 Spannen, in der anderen 2 Ruten und 5 Spannen beträgt<sup>477</sup>.

*Najac 1258* Die Kirche von Najac war zu klein geworden. Beauftragte des Grund-

<sup>471</sup> TUCHER (Lexer 1862), S. 260 ff., 281. — A. URSCHLECHTER (Das Baurecht der Stadt Nürnberg. Diss. Erlangen 1940, S. 12, 14, 17, 18, 34) macht zahlreiche weitere Angaben: Außerhalb der Stadt errichtete Gartenhäuser durften im 15. Jh. nicht länger, breiter oder höher sein als 16'. Bis 1479 war die zulässige Traufhöhe von Steinhäusern auf 50', die von Fachwerkhäusern auf 40' begrenzt. Brandmauern mußten 36' hoch und 1 1/2' stark (nach 1564 2' stark) sein.

<sup>472</sup> W. BRAUNFELS, Mittelalterliche Stadtbaukunst in der Toskana, Berlin 1953, S. 76, 103, 114 ff. — Ähnliche Vorschriften gab es in zahlreichen anderen Städten Italiens (ebenda S. 103, 111 ff., 127, 256).

<sup>473</sup> MORTET-DESCHAMPS 1929, S. 246.

<sup>474</sup> Ebenda S. 233.

<sup>475</sup> Ebenda S. 250.

<sup>476</sup> 1 Spanne (palme) = 3/4', 1 Rute (canna) = wohl 8 Spannen (ebenda S. 270).

<sup>477</sup> Ebenda S. 269.

herrn und angesehene Männer des Ortes einigten sich auf einen Neubau von 28 Ellen (brachia) Länge und 7 Ellen Breite<sup>478</sup>.

*Winchcombe 1245—46* Der Prior von St. Peter hatte die Absicht, den Chor der Peterskirche um 12' zu verlängern und das südliche Seitenschiff der Kirche in einer Länge von 30' auf 12' zu erweitern. Der König stimmte unter der Voraussetzung zu, daß die östlich von St. Peter zur Abtei führende Straße 30' und die südlich der Kirche verlaufende Hauptstraße 18' breit bleibe<sup>479</sup>.

*Lacock Abbey 1315* Sir John Bluet und der Abt des Klosters Lacock kamen überein, den Bau der 59' langen, 25 1/2' breiten Marienkapelle zu Ende zu bringen<sup>480</sup>.

*Königsberg 1333 und 1378* Johannes, Bischof des Samlandes, hatte die Absicht, in Königsberg einen Dom zu errichten. Der Hochmeister des Deutschordens verhinderte den Bau zunächst, weil er besorgte, ein das Schloß angreifender Gegner könne den Dom als Stützpunkt benützen. Schließlich gab er seine Zustimmung mit der Maßgabe, der Dom dürfe nur tristegas, d. h. in der gesetzlichen Höhe eines dreigeschossigen Hauses, gebaut werden, wobei die Trennmauer von Chor und Schiff eine Meßrute hoch und 4 Ziegel dick, das Mauerwerk der Domklausur 24' hoch werden solle. — 1378 wurde bestimmt, daß Häuser, die späterhin dem Dom angefügt würden, nicht breiter als 20' und nicht tiefer als 34' anzulegen seien<sup>481</sup>.

*Thorn 1343 und 1393* Der Deutschorden gestattete dem Rat der Stadt, rings um das Rathaus Verkaufsbuden anzulegen, die aber nicht tiefer sein durften als 8'<sup>482</sup>. — Der Hochmeister des Deutschordens gestattete dem Rat der Stadt, das inzwischen baufällige Rathaus durch einen Neubau mit folgenden Abmessungen zu ersetzen: Die Länge 12 Ruten und eine Elle, die Breite 10 Ruten und eine Elle, die Mauerstärke im Fundament 5', im Aufgehenden 4', die Traufhöhe 3 1/2 Ruten, darüber eine 5' hohe und 1 1/2' starke Mauer. Er gestattete auch, die Flucht des Neubaus um 8' über die alte Baufucht hinauszurücken. Zugleich schärfte er den Ratsherren jedoch ein, daß sie „... die obgnante lenghe weithe vnd hoghe In keynerleye weisze sullen vbertreten“<sup>483</sup>.

*Regensburg 1380* In Regensburg hatte die dem hl. Johannes geweihte Pfarr- und Taufkirche des Domes dem gotischen Dombau weichen müssen. Im Jahre 1325 verhandelte das Domkapitel mit dem Kapitel des Johannesstifts, doch gab es in den folgenden Jahrzehnten Verstimmungen auf beiden Seiten. Am 2. Juli 1380 entschied schließlich Bischof Konrad, auf einem Grundstück des Domkapitels, das dem Johannesstift übertragen werde, sei auf Kosten des Domkapitels mit dem Bau der Sakristei der neuen Johanneskirche zu beginnen, die „haben sol nach der leng in der maur drey vnd vierzig schuch vnd nach der weit sechzehn schuch, vnd mit dem Turn . . ., der haben soll nach der höch hundert schuch minner newn schuch vnd an der weite sechzehn schuch vnd oben zwelff schuch“<sup>484</sup>.

<sup>478</sup> Ebenda S. 280.

<sup>479</sup> SALZMAN 1967, S. 383.

<sup>480</sup> Ebenda S. 424.

<sup>481</sup> DEWISCHEIT 1899, S. 186. — M. PERLBACH, Regesten der Stadt Königsberg 1256—1524, in: Altpreußische Monatsschrift XVIII 1881, S. 11, 21.

<sup>482</sup> DEWISCHEIT 1899, S. 184.

<sup>483</sup> J. VOIGT, Codex Diplomaticus Prussicus, Urkunden-Sammlung zur älteren Geschichte Preußens, Bd. 4, Königsberg 1853, S. 167 ff.

<sup>484</sup> J. R. SCHUEGRAF, Geschichte des Domes von Regensburg, 1. Teil, in: Verhandlungen des hist. Vereins von Oberpfalz und Regensburg, Bd. 11 (NF Bd. 3), 1847, S. 121, 245. (Wie mir Herr Oberarchivrat Dr. Hable in Regensburg freundlichst mitteilte, hat Schuegraf das Datum dieser Urkunde nicht zutreffend angegeben.)

*Friedberg 1410* Kaiser Ruprecht verfügte: „Von den 2 Kirchthürmen an unserer Frauenkirche sollen die Bürger den einen nicht höher bauen, als er jetzt ist, . . . Den andern Thurm sollen sie nicht höher als 40 Fuss bauen“<sup>485</sup>.

In Bauordnungen und in Bauverträgen wurden Maßzahlen festgesetzt noch ehe der Architekt sich einen Entwurf zurechtlegen konnte. Ist der Architekt nun von solchen Maßzahlen ausgegangen oder hatte er eine Proportionsfigur zu erfinden, die ihm die vorgegebenen Maße in irrationalen Werten näherungsweise ein zweites Mal liefern sollte?

Man wird einwenden, im Mittelalter sei man — zumindest bei kleineren Bauvorhaben — ohne Entwurfszeichnungen ausgekommen. Trifft dies zu?

### 3. Entwürfe

Bauzeichnungen des späteren Mittelalters sind in beträchtlicher Zahl erhalten geblieben. Von anspruchsvollen und von bescheidenen Entwürfen, die in Verlust gerieten, berichten die Schriftquellen. Sie nennen zugleich Maßzahlen.

*Reims 1506* Das Domkapitel beschloß, über der Vierung der Kathedrale einen Turm zu errichten. Vom Dachfirst an gemessen sollte er bei 30' und bei 70' jeweils eine Galerie und bei 90' Schallarkaden erhalten; seinen 240' hohen Helm sollten vier 60' hohe Fialtürme und vier 40' hohe Tabernakel umgeben; Öffnungen für die Zifferblätter der Uhr waren bei 100' vorgesehen<sup>486</sup>.

*Beauvais gegen 1565* Ein Vorschlag, dem Querhaus der Kathedrale ein Langhaus samt zweitürmiger Westfront anzufügen, nennt folgende Abmessungen: Die Breite des Langhauses einschließlich Ausladung der Strebebfeiler 24 Kl. (toises), die Länge des Langhauses einschließlich Vorhalle samt Ausladung der Strebebfeiler 25 Kl., die Tiefe der Vorhalle 19'. Für die Türme der Westfront war im Grundriß vorgesehen: Die Stärke der Stützpfeiler 15', der Querschnitt der Strebebfeiler 12' × 21', die Stärke des Mauerwerks 12 1/2', die lichte Weite 25'; dazu im Aufbau: für jede 12' hohe Partie der Einzug der Strebebfeiler an den Flanken 1/4', an der Stirn 1/2', mithin der Querschnitt der Strebebfeiler in der letzten Partie 3' × 9', entsprechend der Einzug des Mauerwerks jeweils 1/4', mithin die Mauerstärke in der letzten Partie 3'; schließlich die Höhenmaße: Vom Niveau der Westfront bis zur Fußbodenhöhe des Chores 2 Kl., von da bis zur Mauerkrone des Chores 25 1/2 Kl., von da bis zur Firsthöhe des Chores 7 Kl., von da bis zur Höhe der Turmschäfte 7 Kl., die gesamte Höhe der Türme 45 1/2 Kl. — Dem Vierungsturm waren folgende Geschoßhöhen zugeordnet: Vierort 8 Kl., erster Achtort 10 1/2 Kl., zweiter Achtort 8 Kl. 2', Helm 16 Kl.<sup>487</sup>.

*Eltham 1315* Im königlichen Schloß war eine Mauer zu errichten, am Fuß 5' stark und auf 4' verjüngt, entsprechend der Zeichnung des Meisters Michael von Canterbury<sup>488</sup>.

*London 1410* In der Friday Street waren drei Fachwerkhäuser zu errichten — im

<sup>485</sup> R. ADAMY, *Kunstdenkmäler im Großherzogtum Hessen, Provinz Oberhessen, Kreis Friedberg*, Darmstadt 1895, S. 75 f.

<sup>486</sup> H. REINHARDT, *La cathédrale de Reims*, Paris 1963, S. 209.

<sup>487</sup> DESJARDINS 1865, S. 258 f.

<sup>488</sup> SALZMAN 1967, S. 422.

Erdgeschoß 10 1/2', im 1. Obergeschoß 9', im 2. Obergeschoß 8' hoch — einen vorliegenden Pergamentplan genau entsprechend<sup>489</sup>.

*Andover (Hants) 1444—45* Der Rektor des Winchester College erteilte zwei Zimmerleuten den Auftrag, ein Gasthaus nach dem vorliegenden Entwurf — „oder besser“ — zu errichten. Vorgesehen war eine Vierflügelanlage. Im Vertrag sind das Außenmaß (90') und die Holzstärken genannt<sup>490</sup>.

*Cambridge 1447—48* König Heinrich VI. billigte den ihm vorgelegten Entwurf des King's College. Der Entwurf sah für die Kapelle folgende Abmessungen vor: Länge 148', Breite 40', Länge vom Westabschluß bis zum Altar am Chorportal 120', vom Chorgestühl (genauer: von der für den Provost vorgesehenen Stalle des Chorgestühls) bis zur Chorstufe 50', vom Chorgestühl bis zum Ostabschluß des Chores 62', der Lettner 40' breit und 14' tief, die Höhe der Umfassungsmauern 50'. Zwischen den Strebeböckeln seitlich des Langhauses je eine Nebenkapelle (20'×10'). Der Fußboden im Langhaus 4' über dem Gelände, der Fußboden im Chor 1' höher, der Hochaltar nochmals 3' höher. Auf der Nordseite des Chores die Sakristei (50'×22', 22' hoch). — Westlich der Kapelle der Kreuzgang. Dessen Ost- und Westflügel 175' lang, die beiden anderen Flügel 200' lang, die Gänge 13' breit und 20' hoch, der Fußboden 4' unter dem Fußboden der Kapelle. In der Mitte des Westflügels ein Turm auf quadratischem Grundriß, 24' breit, bis zum Gesims 120' hoch. — Das Fellow's Building besteht aus drei Flügeln, die südlich an die Kapelle anschließen. Der Ostflügel 230' lang, einschließlich der Mauern 22' breit. In der Mitte dieses Flügels über der Pforte ein Turm (30'×22', 40' hoch); seitlich des Turmes jeweils 4 Zimmer, alle 22'×25'. Der Südflügel 238' lang und 22' breit. In diesem Flügel sieben je 22'×29' große Zimmer, ein 25' langer Raum für den Provost und am Ostende des Flügels ein 22'×25' großes Zimmer. Der Westflügel 230' lang, einschließlich der Mauern 24' breit. Im Obergeschoß dieses Flügels an die Kapelle anschließend die 24'×110' große Bibliothek, unter ihr im Erdgeschoß ein 40' langer Lesesaal und zwei 24'×29' große Zimmer. Am anderen Ende des Flügels, über einem gewölbten, 12' hohen Keller eine Halle (24'×100'), anschließend Speisekammer und Küche (je 15'×22') dazu ein Tagesraum (22'×34'). — Westlich dieses Flügels Backhaus, Brauhaus und sonstige Nebenbauten an einem quadratischen, 40' weiten Hof. — Das ganze College von einer 14' hohen Mauer eingeschlossen<sup>491</sup>.

*Eton 1447—48* Dem König Heinrich VI. lag ein Entwurf für das Eton College vor. Dieser Entwurf wurde in gleicher Ausführlichkeit wie der Entwurf des King's College, ebenfalls mit Angabe zahlreicher Maßzahlen, beschrieben<sup>492</sup>. — Den Entwurf zur Kapelle dieses College billigte der Bauherr erst in der zweiten Fassung: Die lichte Länge des Chores vom Ostabschluß bis zum Triumphbogen 150', davon hinter dem Hochaltar 12', vom Hochaltar bis zur Chorstufe 44', die Länge des Chorgestühls 48', von der Stalle des Provost bis zur Chorpforte 6', die lichte Breite des Chores 40'. Der Hochaltar 18' breit, 4 1/2' tief, das Retabel 2' tief. Weiter östlich ein zweiter Altar, 9' breit, 3' tief. Die lichte Länge des Schiffs vom Triumphbogen bis zum Westportal 168', die Breite des Schiffs wie die des Chores 40'. Die Nebenkappen 20' von Strebeböckel zu Strebeböckel. Chor und Schiff bis zur Oberkante der Zinnen 40' hoch, die Fialen 20' hoch, die gesamte Höhe bis zum Knauf der Fialen 100' (!). Dieser Chor soll um 47' länger,

<sup>489</sup> Ebenda S. 483.

<sup>490</sup> Ebenda S. 517.

<sup>491</sup> Ebenda S. 520.

<sup>492</sup> Ebenda S. 522.

um 8' breiter und um 20' höher werden als der Chor der Kapelle des New College zu Oxford<sup>493</sup>.

*Holywell (Oxford) 1516* Der Dekan des Marton College in Oxford erteilte zwei Steinmetzen den Auftrag, einem vorliegenden Entwurf entsprechend ein Gutshaus zu bauen: Die 18' hohen Mauern 3' bzw. 2'6'' stark, in der Halle ein 8' breiter Kamin, ein zweiter Kamin 4' breit, die Fenster 4' hoch und 15'' breit<sup>494</sup>.

*Mailand 1410* Ein für den Dom vorgelegter Entwurf wurde mit zahlreichen Maßangaben beschrieben<sup>495</sup>.

*Gerona 1417* Als der 1312 begonnene Chor der Kathedrale vollendet war, legte Guillermo Boffiy 1416 den Plan eines einschiffigen Langhauses vor. Angesichts einer Spannweite von reichlich 22 m bedenklich geworden, bat das Domkapitel 1417 einige Architekten aus Spanien und Frankreich zu einer Beratung. Paschasius de Xulbe empfahl, das Gewölbe des Binnenchores abzutragen und etwa 8 Spannen (palms) höher neu zu errichten. Antonius Antigoni wollte den Binnenchor um 14 oder 15 Spannen erhöht sehen. Guillermus de la Mota, Bartolomaeus Gual und Guillermus Sagrera empfahlen, das Langhaus zu erhöhen; der eine nannte 14 oder 15 Spannen, der andere 1 Klafter (cana), der dritte 15 Palm. Joannes de Guinquamps wies auf die große unegliederte Mauerfläche hin, die zwischen dem Schildbogen des Schiffs und dem Chorbogen entstehe; er riet, hier drei Rundfenster vorzusehen, ein großes in der Mitte und zwei kleinere an den Seiten. Für die Öffnung des großen Rundfensters nannte Petrus de Valfogona 15 oder 16 Spannen, Bartolomaeus Gual 14 Spannen, Arnaldus de Valleras 20 Spannen<sup>496</sup>.

*Salamanca 1510–12* König Ferdinand von Aragon veranlaßte 1509 die Architekten Alfonso Rodriguez und Anton Egas, für die Neue Kathedrale von Salamanca einen geeigneten Bauplatz zu suchen und einen Entwurf auszuarbeiten. Die beiden Architekten legten dem Domkapitel im folgenden Jahr ihren Entwurf vor — das Protokoll berichtet von einem nach Höhen und Weiten der Schiffe samt Projektionen der Strebe- werke auf Pergament gezeichneten Plan — und stellten fest, der vorgesehene Bau sei der Universität nicht nachteilig, da er vom Portal der Universität 10' entfernt und von der Straße 50' zurückgesetzt sei. — Anton Egas und acht weitere Meister nannten 1512 für den geplanten Neubau folgende Maße: das Mittelschiff 50' breit und 110' hoch, die Nebenschiffe 37' breit und 70' oder 75' hoch, die Nebenkappen 27' breit und 43' oder 45' hoch. Das Mauerwerk der Westfront 7' stark (andere Meister sagten 8'), die Außenmauern der Kapellen 6' stark, die Strebepeiler der Westfront 7' breit mit 12' Ausladung, die Strebepeiler der Längsmauern 5' breit mit 6' Ausladung, die Trennmauern der Kapellen 7' stark, die Vierungspeiler 11 1/2' stark, die Kapellen des Trascoro 27' tief. Vom Turm sollten 49' sichtbar bleiben<sup>497</sup>. Die Meister erklärten, der diesen Maßzahlen zugrunde liegende Fuß sei gleich einem Drittel der Elle<sup>498</sup>.

<sup>493</sup> Ebenda S. 526.

<sup>494</sup> Ebenda S. 570.

<sup>495</sup> Vgl. Abschnitt III A 3.

<sup>496</sup> Der lateinisch-spanische Text bei Jaime VILLANUEVA, *Viage literario a las iglesias de Espana*, Bd. 12, Madrid 1850, S. 324; der Text in englischer Übersetzung bei STREET 1865, S. 501.

<sup>497</sup> Auf der Nordseite des Turmes, in der angegebenen Entfernung von der nordwestlichen Turmkante an gemessen, zeigt das Mauerwerk eine Faltung (DEHIO-BEZOLD 1901, Taf. 512).

<sup>498</sup> STREET 1865, S. 482. — Juan Gil de Hontanón, der die Kathedrale nach einem abgeänderten Plan 1513 zu bauen begann, scheint einige der hier genannten Maßzahlen beibehalten zu haben. Sucht man nämlich die Quermaße des Langhauses (50', 37', 27') zwischen den Achsen der Pfeiler bzw. zwischen den inneren Fluchten der Außenmauern und setzt man diese Maßzahlen den bei DEHIO-BEZOLD (1901, Taf. 525) abgestochenen Werten gleich, erhält man bei Differenzen von etwa ± 10 cm ein Fußmaß von 27,9 cm. ALBERTI (1957, S. 233) gibt dem spanischen Fuß 27,86 cm. Da die Außenmauern zu 6' angegeben sind, wäre das Langhaus im Ganzen 190' breit.



Aus alledem geht hervor: Die im Entwurf vorgesehenen Abmessungen eines Bauwerks wurden als rationale Vielfache einer Maßeinheit, nicht als irrationale, aus einer Proportionsfigur genommene Werte verstanden.

#### 4. Kostenanschläge

Ein Bauherr sollte wissen, welche Kosten er sich aufbürdet<sup>499</sup>. Die Baukosten zu veranschlagen ist und war stets Aufgabe des Architekten<sup>500</sup>.

Vincenz von Beauvais († 1256) war mit Vitruv der Meinung, der Architekt müsse in der Arithmetik erfahren sein, da mit deren Hilfe die Baukosten ermittelt werden<sup>501</sup>. Im Königreich Neapel war die Bauverwaltung während der 2. Hälfte des 13. Jh. straff organisiert. Jedes königliche Bauvorhaben wurde zunächst in einer Bauvorschrift erfaßt. Ihr entsprechend hatten Sachverständige vor dem König oder vor dessen Justiziar die Baukosten anzugeben. Solche Kostenanschläge, nach den uns heute geläufigen Grundsätzen aufgestellt, berücksichtigen auch das Kleine und Kleinste<sup>502</sup>. Dies nicht ohne Grund: Ein um 1278 erlassenes Dekret des Königs machte den Justiziar und die Sachverständigen für Überschreitungen des Kostenanschlages haftbar<sup>503</sup>.

Sebastian Brant spottete 1494 in seinem Narrenschiff:

Der ist eyn narr der buwen wil  
Vnd nit vorhyn anschlecht wie vil  
Das kosten werd, vnd ob er mag  
Volbringen solchs noch sym anschlag

Graf Reinhard von Solms gab 1535 sein Handbuch der Baukostenberechnung heraus<sup>504</sup>.

Rivius (1558) lieferte in seinem „Buch der geometrischen Messung“ etliche Rechenbeispiele zur Massen- und Kostenberechnung.

Aus naheliegenden Gründen sind Kostenanschläge des Mittelalters nur vereinzelt auf uns gekommen.

Hier sei von einem Kostenanschlag die Rede, der in der Bauhütte des Mailänder Domes aufgestellt wurde, dazu von einigen aus derselbe Hütte stammenden Nachrichten, die klar machen möchten, wie weit wirtschaftliche Überlegun-

<sup>499</sup> Lukas 14, 28 spricht von der Unbesonnenheit, ohne Voranschlag einen Bau zu beginnen.

<sup>500</sup> VITRUV (lib. X. praef.) berichtet von einem Gesetz, das sich die Bürger von Ephesus gegeben hatten: Ein Architekt, dem der Bau eines öffentlichen Gebäudes übertragen war, hatte zunächst die Baukosten anzugeben und sein Vermögen als Sicherheit zu stellen. Ergab die Schlußabrechnung, daß der Kostenanschlag eingehalten war, hatte der Architekt Anspruch auf eine öffentliche Ehrung. War der Anschlag bis zu einem Viertel überschritten, hatte die Stadtkasse die Mehrkosten zu tragen und der Architekt wurde mit einer Geldbuße belegt. Wurde der Anschlag aber um mehr als ein Viertel überschritten, wurde die fehlende Summe aus dem Vermögen des Architekten genommen. Ein solches, auf private Bauten ausgedehntes Gesetz wünschte sich Vitruv auch für Rom, zum Vorteil — wie er sagt — der fähigen Architekten und genauso zum Vorteil der Bauherren.

<sup>501</sup> Vincenz von BEAUVAIS, Speculum II, lib. XI, cap. 13. — VITRUV, lib. I, cap. 1,4.

<sup>502</sup> In dem für einen Abschnitt des Hafenturmes und den Bau einer Zisterne, beide in Manfredonia 1277 aufgestellten Kostenanschlag — er beansprucht bei HASELOFF (1920) mehr als zwei kleingedruckte Seiten — ist ein Betrag eingesetzt für das Aufstellen der Winde, ein anderer für das Herbeischaffen des zum Mörtelmischen nötigen Wassers.

<sup>503</sup> HASELOFF 1920, S. 138 ff., 144 f., 395. — BOOZ 1956, S. 24.

<sup>504</sup> Reinhart Graf zu SOLMS-LICH, Eyn gesprech eynes alten erfarnen kriegssmans vn(d) baumeysters mit eynem jungen hauptmann: welcher massen eyn vester bawe fürzuonemen vnd mit nuotz des herren mög vollenfñrt werden, Meyntz 1535.

gen, auf denen auch der Kostenanschlag beruht, den Entwurf beeinflussen und zugleich die Rationalisierung gewisser Arbeitsvorgänge begünstigen konnten.

1392 Mai 1. In einer Bausitzung wurde die Frage verhandelt, ob die inneren Seitenschiffe des Domes ein Triforium erhalten sollten. Die Triforien wurden mit der Begründung abgelehnt, sie nähmen nur Raum weg und verursachten Kosten<sup>505</sup>.

1394 Mai 24. Für den Camposanto des Domes wurden mehrere Entwürfe vorgelegt. Die einen waren im Grundriß rechteckig, die anderen rund. Man gab einer rechteckigen Lösung den Vorzug, da sie in kürzerer Zeit und mit geringeren Kosten zu verwirklichen sei<sup>506</sup>.

1401 Mai 15. Jean Mignot hatte ein Gewölbe ausgeführt, dessen Steinschnitt vom Herkommen abwich. Nun ging es um den Vergleich der Lohnkosten<sup>507</sup>.

1402 April 16. Ein Mitglied der Finanzverwaltung der Hütte schlug vor, Stabeisen künftig in einem hütteeigenen Hammerwerk herzustellen. Begründung: Bau und Einrichtung eines solchen Werkes kosteten zwar 100 Gulden, die Herstellungskosten des Stabeisens würden aber bei verbesserter Qualität um ein Drittel gesenkt<sup>508</sup>.

1402 Mai 7. Marmorplatten wurden bisher von Hand gesägt. Nun lagen mehrere Entwürfe für eine Sägemaschine vor. Der beste Entwurf sollte ausgewählt und nach ihm ein Holzmodell gebaut werden, um damit Versuche anzustellen<sup>509</sup>.

1402 Mai 28. Meister Antonio di Gorgonzola bot sich an, für die Hütte eine Steinsäge mit Göpelantrieb zu bauen, die bei geringeren Kosten ein Drittel mehr leiste als eine aus vier Männern und einem Jungen bestehende Gruppe von Steinsägern. Diese Maschine wollte er für 30 Gulden bauen, die ihm die Hütte vorstrecken möge. Er war bereit das Geld zurückzuzahlen, falls die Maschine den Erwartungen nicht entspreche. Man beschloß, ihm die 30 Gulden gegen Sicherheit zu leihen<sup>510</sup>.

1402 Juni 11. Der Mühlenbauer Zannoni Cavezzali war bereit, für 50 Gulden eine Steinsäge der genannten Leistungsfähigkeit zu bauen; sollte die Maschine den Erwartungen nicht entsprechen, war er gehalten, die Summe zurückzugeben. Zugleich übernahm der Bauunternehmer Filippus de Comitè den Auftrag, nach einem Kostenanschlag, den die Meister der Bauhütte aufgestellt hatten, für das Hammer- und für das Sägewerk je einen Werkschuppen zu errichten. Etwaige Überschreitungen des Kostenanschlags sollten zu Lasten des Unternehmers gehen. Der Anschlag sah vor<sup>511</sup>:

Lire sol. den.

Die Mauer auf der Wasserseite braccia 14 lang, br. 4 hoch. 3 Steine

stark, je quadreto (Kubikelle) 100 Steine, macht 5600 Steine.

je 1000 s. 48

13 4 10

Vier Pfeiler, jeder auf der einen Seite 2 Steine, auf der anderen 3

Steine stark, br. 5½ hoch, macht 1848 Steine zum Preis wie vor

4 6 9

<sup>505</sup> Ann. I, S. 68.

<sup>506</sup> Ann. I, S. 114. — Rascherer Baufortgang und geringere Kosten haben auch das Domkapitel zu Gerona bewogen, das Langhaus der Kathedrale einschiffig und nicht dreischiffig auszuführen (STREET 1865, S. 512 f.). Solche Entscheidungen setzen wenigstens überschlägige Kostenanschläge voraus.

<sup>507</sup> Ann. I, S. 225.

<sup>508</sup> Ann. I, S. 247.

<sup>509</sup> Ann. I, S. 248.

<sup>510</sup> Ann. I, S. 248.

<sup>511</sup> Ann. I, S. 249.

	Lire	sol.	den.
Zwei Giebelmauern, jede br. $7\frac{1}{2}$ hoch und br. 12 lang, das sind je Giebelmauer 90 quadreti zu je 50 Steinen, also 180 quadreti und 9000 Steine zum Preis wie vor	21	12	—
für den zweiten Werkschuppen dasselbe	39	3	7
für einen Kanal (nervile), br. 10 lang und br. 3 tief, 100 Steine je quadreto, also 30 quadreti und 3000 Steine	7	4	—
für ein Wehr (scossus nervilis), br. 10 breit, br. 4 lang, das sind 40 quadreti zu je 24 Steinen, also 960 Steine	2	5	—
für zwei Uferverbauungen (spondae) beim genannten Wehr je br. 5 lang, br. $2\frac{1}{2}$ hoch, das sind 25 quadreti, 10 Steine je quadreto, also 320 Steine	—	14	—
70 Kasten Kalk zu je s. 11 d. 9	41	2	6
4 Böcke (capriatae), je br. 14 lang, je 1. 3 s. 10	14	—	—
4 Pfetten (? zongiuri) je br. 14 lang, je s. 16	3	4	—
8 Drittelshölzer (terzeri) und 2 Unterzüge (? collongii), alle br. 14 lang	8	—	—
4000 Flachziegel (tempiales) je 1000 s. 32	6	8	—
6000 Deckziegel (cuppi), je 1000 L. 5	30	—	—
Lohnkosten s. 34 je 1000 Steine, im Ganzen 37 176	44	7	6
1 Schütz (? nervile), Hölzer, Bretter, Rohre, Blasebalg, Hammer, Amboss, Bolzen (lignamines), Kleineisen (ferramenta) und sonstiges, was nötig ist, Hammer- und Säge(schuppen) zu bauen	216	4	—
Gerüst, einige Dämme und Gräben	32	—	—
Eine Brücke aus Steinen und Mörtel	16	—	—
Summe	499	16	2

1402 Augst 13. Der Uhrmacher Francisco Pessono bot sich an, eine mechanische Steinsäge mit Gegengewichten zu bauen; er wollte erst ein kleines Modell herstellen, damit man sehen und erproben könne, ob die Maschine gut sei<sup>512</sup>.

1403 Juli 8. Man beschloß, der genannte Filippo de' Conti solle den Schuppen für die Hammer- und Sägemaschine bauen<sup>513</sup>.

1403 September 23. Francesco Pessono erhielt 25 Gulden für ein großes eisernes Rad und anderes Eisenzeug<sup>514</sup>.

1403 Oktober 7. Ein Architekt und ein Maurer der Hütte erhielten den Auftrag, den Werkschuppen abzunehmen, den Filippo de' Conti gebaut hatte<sup>515</sup>.

1406 Juli 25. Der Mühlenbauer Zanonus Cavezzalus erhielt Auftrag, innerhalb von etwa  $1\frac{1}{2}$  Monaten eine leistungsfähige Steinsäge, in der einen Richtung etwa br. 8, in der anderen etwa br. 6 groß, aus Holz und Eisen zu bauen. Vorgesehen war, die Säge solle Naturstein und Marmor (lapides vivi et marmorei) von br. 1 bis etwa br.  $4\frac{1}{2}$  genau nach den vorgezeichneten Linien schneiden; von einem Hilfsarbeiter bedient müsse sie wenigstens das gleiche leisten wie eine Gruppe (die Steine bisher von Hand sägte), die Maschine solle ein Menschenleben aushalten und solle jährlich höch-

<sup>512</sup> Ann. I, S. 252.

<sup>513</sup> Ann. I, S. 256.

<sup>514</sup> Ann. I, S. 257.

<sup>515</sup> Ann. I, S. 257.

stens etwa 5 Reparaturen, jede zu höchstens 2 Gulden, erfordern. Für diese Maschine werde der Mühlenbauer L. 112 erhalten<sup>516</sup>.

1407 Februar 27. Ein aus „ingenieri“ und „maestri pratici“ bestehender Ausschuß sollte die von Zanone Cavezzali gebaute Maschine erproben und über das Ergebnis Auskunft geben<sup>517</sup>.

Ob und mit welchem Ergebnis die Maschine in Dienst gestellt wurde, berichten die Annali nicht.

## 5. Bauaufträge

Größere Bauaufträge wurden vertraglich festgelegt. Derlei Schriftstücke sind zahlreich auf uns gekommen. Sie enthalten in aller Regel einige Maßzahlen.

*Französische Städte 1205—12* König Philipp August veranlaßte den Ausbau etlicher Stadtbefestigungen. In Saint-Mard (bei Soissons) z. B. war eine 50 Kl. (tesiae) lange Mauer neu aufzuführen und eine 250 Kl. lange Mauer derart wieder herzustellen, daß sie bis zur Brustwehr 4 Kl. hoch stand. In Compiègne war eine 300 Kl. lange und bis zur Brustwehr 4 Kl. hohe Mauer zu errichten, eine andere bis zur Brustwehr auf 4 Kl. zu erhöhen und im Wehrgang auf 4 Kl. zu verbreitern; die Gräben vor den vier neuen Toren sollten 50' breit und 30' tief werden. In Arques waren an der Aula zwei Pfeiler — beide 14' breit und 2 Kl. ausladend — zu bauen, zudem war ein abgängiges Haus durch einen 12 Kl. langen und ebenso tiefen Neubau zu ersetzen<sup>518</sup>.

*Dreux 1224* Robert III., Graf von Dreux, beauftragte einen Werkmeister, seine bei Dreux gelegene Burg Danemarche mit einer 6' hohen Mauer zu umgeben und um den Turm einen 4 Kl. tiefen, 4½ Kl. breiten Graben anzulegen<sup>519</sup>.

*Saint-Cloud 1272* Das Kapitel von Saint-André in Châteaudun gab einem Steinmetzen den Auftrag, in Saint-Cloud eine etwa 65' lange und etwa 44' breite Scheune zu errichten<sup>520</sup>.

*Brügge 1272* Der Abt des Kloster Cambroun in Brügge verpflichtete zwei in der Gegend von Tournai arbeitende Steinmetzen, folgende Werkstücke herzustellen und nach Brügge zu liefern: drei Pfeiler, jeder 5' hoch und 20" stark; 100 Gewölbesteine, jeder 21½" × 9" × 12"; von einem Gesims im Ganzen 64'; von Gewölbesteinen, die im Rücken 13" breit sein sollten, im Ganzen 38'; 10 Fenstergewände, jedes 6' hoch und der übergebenen Schablone entsprechend profiliert; drei Sohlbänke, davon zwei 10', eine 7' lang<sup>521</sup>.

*Provins 1284* Der Auftrag zum Neubau der 1295 geweihten Franziskanerkirche in Provins enthält folgende Maßangaben: Ein Strebepfeiler 3' breit, 6' ausladend; die Strebepfeiler des Langhauses 2' breit, 3' ausladend; die Strebepfeiler des Chores 2½' breit im Fundament, 4½' ausladend im Aufgehenden; die drei Schiffe des Langhauses sollen um 5' höher werden als im vorhergehenden Bau; die Chorfenster sollen um 2' höher sein als die des Langhauses<sup>522</sup>.

<sup>516</sup> Ann. I, S. 276 f.

<sup>517</sup> Ann. I, S. 282.

<sup>518</sup> MORTET-DESCHAMPS 1929, S. 214.

<sup>519</sup> Ebenda S. 233.

<sup>520</sup> Ebenda S. 297.

<sup>521</sup> Ebenda S. 298. — Bull. mon. 60, 1895, S. 72.

<sup>522</sup> V. MORTET et J. BELLANGER, Un très ancien devis français, Marché pour la reconstruction de l'église des Cordeliers de Provins, in: Bull. mon. 62, 1897, S. 232.

*Montpellier 1294* Unter dem Hause des Kaufmanns Maistre in Montpellier sollen zwei Steinmetzen einen Keller anlegen:  $4\frac{3}{4}$  Ruten (cannae) lang,  $3\frac{1}{2}$  Ruten breit, 20 Spannen (palmi) hoch und zugänglich über eine 5 Spannen breite Treppe<sup>523</sup>.

*Paris 1408* Abt Wilhelm von S. Germain des Prés in Paris schloß mit drei Goldschmieden einen Vertrag über die Herstellung eines Reliquiars. Dessen Länge sei 2'10", dessen Breite und Höhe in einem zur Länge passenden Maß und zwar genau so, wie die Meister in ihrem Riß (portraiture) und in ihrem Modell (patron) vorgesehen hatten<sup>524</sup>.

*Kennington 1237* König Heinrich III. gab Auftrag, im Schloß Kennington ein 30' langes, 12' breites Bauwerk zu errichten, das in beiden Geschossen eine Kapelle aufnehmen sollte<sup>525</sup>.

*Windsor 1239* Der König gab Auftrag, in Schloß Windsor ein 60' langes, 28' breites Zimmer für ihn selbst, ein 40' langes Zimmer für die Königin und eine 70' lange, 28' breite Kapelle zu errichten<sup>526</sup>.

*Guildford 1246* Der König gab Auftrag, für seinen Sohn Eduard ein 50' langes, 26' breites Zimmer zu errichten<sup>527</sup>.

*Woodstock 1249* Der König gab Auftrag, den Kamin in der Wohnung der Königin auf 8' zu erhöhen und am Torweg nach Evereswell ein 40' langes, 22' breites Wohnhaus zu bauen<sup>528</sup>.

*Englefield (Berks.) A. 14. Jh.* Auftrag zum Bau eines 40' langen und  $24\frac{1}{2}'$  breiten Wohnraumes samt einer 20' langen und 14' breiten Garderobe<sup>529</sup>.

*Lapworth (Warwickshire) 1313* Ein 40' breites und 18' tiefes Torhaus mit  $3\frac{1}{2}'$  starken Umfassungs- und  $2\frac{1}{2}'$  starken Trennmauern war zu bauen, anschließend ein zweigeschossiges Wohnhaus, dessen Erdgeschoß 11' und dessen Obergeschoß 9' im Lichten hoch sei<sup>530</sup>.

*Eltham 1315* Bevollmächtigte der Königin Isabella gaben Auftrag, am Burggraben eine 12' hohe, von 5' auf 4' verjüngte Mauer mit Strebepfeilern im Abstand einer Rute (perch zu 18') zu bauen<sup>531</sup>.

*Hamsey (Sussex) 1321* Im Auftrag der Westminster Abbey war eine bis zur Mauerkrone 24' hohe Halle zu bauen<sup>532</sup>.

*Chester 1322—23* In der Stadtbefestigung war ein zylindrischer Turm von  $10\frac{1}{2}$  Ellen (ells) Durchmesser und 24 Ellen Höhe zu errichten, dazu eine 4 Ellen starke und 8 Ellen hohe Mauer<sup>533</sup>.

<sup>523</sup> MORTET-DESCHAMPS 1929, S. 316.

<sup>524</sup> Le Roux de LINCY et L. M. TISSERAND, Paris et ses historiens au XIV<sup>e</sup> et XV<sup>e</sup> siècles, Paris 1867, S. 481. — Ein Schreiber, der einen Werkvertrag abfaßte, hatte zum Vertragsgegenstand zunächst ein juristisches, erst danach ein sachliches Verhältnis. So nannte er zumeist nur wenige Maßzahlen, oft nicht die wichtigsten. Den vorliegenden Wortlaut — Laquelle chässe aura deux pieds et demi et quatre pouces de long, et de hauteur et largeur telle comme il appartient a la longueur dessus dite . . . — nahm KLETZL (1939, S. 17) zum Beweis der Annahme, die genannte Länge des Schreins sei als das Grundmaß einer Proportionsfigur zu verstehen, aus der die nicht genannten Maße des Schreins hervorgingen.

<sup>525</sup> SALZMANN 1967, S. 382.

<sup>526</sup> Ebenda S. 382.

<sup>527</sup> Ebenda S. 383.

<sup>528</sup> Ebenda S. 384.

<sup>529</sup> Ebenda S. 417.

<sup>530</sup> Ebenda S. 421.

<sup>531</sup> Ebenda S. 422.

<sup>532</sup> Ebenda S. 426.

<sup>533</sup> Ebenda S. 428.

*York 1335* Ein Zimmermann hatte sieben Mietshäuser (domos rentales) in einer 100' langen Zeile zu errichten. Die Tiefe der Zeile messe am einen Ende 18', am anderen 15'. Auch Holzquerschnitte sind in Fuß und Zoll festgesetzt<sup>534</sup>.

*Sanson (Herts.) 1348* Der Chor der Pfarrkirche war durch einen Neubau zu ersetzen: Die Traufhöhe 17', die Strebe Pfeiler an den Chorkanten 1 1/2' breit und 5' ausladend, die Strebe Pfeiler an den Längsmauern 1 1/2' breit und 4' ausladend<sup>535</sup>.

*Stafford Castle 1348* Mit 7' Stärke sollten die Türme um 10' höher werden als die übrigen Gebäude des Schlosses<sup>536</sup>.

*Boxley Abby (Kent) 1373* Vertrag zwischen dem Konvent und einem Steinmetzen über den Bau der Klausur. Für den Kreuzgang sind Maße angegeben: Die Brüstungsmauer 1 1/2' stark und 2 1/2' hoch, darauf die 1 1/2' breiten und 1 1/2' hohen Sockel, darauf die 1 1/2' breiten und 3/4' tiefen Pfeiler, die Eckpfeiler 2' breit und ebenso tief, alle Pfeiler 3' hoch<sup>537</sup>.

*Bolton Castle (Yorks.) 1378* Im Schloß war ein 10 Ellen (ells) langer, 8 Ellen breiter und 50' hoher Küchenturm mit 2 Ellen starken Mauern zu bauen, daneben ein 12 Ellen langes, 5 1/2 Ellen breites und 40' hohes Bauwerk mit 2 Ellen starken Außen- und 4' starken Trennmauern, weiter ein 50' hoher Turm, schließlich neben dem Tor ein 10 Ellen langes, 5 1/2 Ellen breites, 40' hohes Bauwerk mit 3' bzw. 4' starken Mauern<sup>538</sup>.

*Carlisle Castle 1378* Ein 55' langer, 32' breiter und 34' hoher Turm war zu errichten, südlich von ihm ein 28' langer und 18' breiter Keller, nördlich ein Verließ und ein weiterer Raum, beide 14' lang und ebenso breit. Die Küche im Turm 32' lang und 20' breit, die Halle über dem Tor 30' lang und 20' breit, das Mauerwerk bis zum Gewölbe des Torwegs 6' stark, darüber 5'<sup>539</sup>.

*Roxburgh Castle 1378* Das Schloß sollte eine neue Zingelmauer und 3 weitere Türme erhalten. Die Mauer 10 1/2' stark, 30' hoch, ihre gewölbten Durchlässe 4 1/2' breit; der mittlere der 50' hohen Türme sollte im 12' starken Mauerwerk eine 40' lange Halle aufnehmen. Weiter war ein Türmchen zu errichten, 6' lang und ebenso breit, um 10' höher als die Mauer<sup>540</sup>.

*Dunstanborough Castle 1380* Eine 4' starke, 11 Ruten (rods) lange und 20' hohe Mauer war zu bauen<sup>541</sup>.

*Bamborough Castle 1384* Eine 66' lange, 34' breite Halle war zu errichten, auf der einen Seite an sie anschließend Vorratskammer, Speisekammer und Garderobe (jeweils 20' x 20'), darüber zwei Zimmer (40' x 20'), gegenüber die Küche (40' x 28'). Drei Türme waren zu erhöhen, davon zwei um 24', der dritte um 16'<sup>542</sup>.

*Durham 1398* Die Umfassungsmauern des neuen Dormitoriums der Kathedrale seien unten 2 Ellen (ells) stark und bis zur Traufe 60' hoch. Die Quader seien nicht kürzer als 1'<sup>543</sup>.

<sup>534</sup> Ebenda S. 430.

<sup>535</sup> Ebenda S. 437.

<sup>536</sup> Ebenda S. 438.

<sup>537</sup> Ebenda S. 448.

<sup>538</sup> Ebenda S. 454.

<sup>539</sup> Ebenda S. 456.

<sup>540</sup> Ebenda S. 457.

<sup>541</sup> Ebenda S. 460.

<sup>542</sup> Ebenda S. 465.

<sup>543</sup> Ebenda S. 473.

*London Bucklersbury* 1405 Über bestehenden Kellern — der eine  $45' \times 10'$ , der andere  $33' \times 16\frac{1}{2}'$  — sollte der Zimmermann ein Haus bauen: die Werkstatt  $22'4'' \times 18'$ , die Schenkstube  $18' \times 10'$ , das erste Obergeschoß  $11'$  hoch, das zweite Obergeschoß  $9'$  hoch, dazu ein  $9'$  hohes Warenlager, darüber eine  $33'$  lange,  $20'$  breite und  $16'$  hohe Halle<sup>544</sup>.

*Catterick (Yorks.)* 1412 Vertrag mit einem Steinmetzen, die Pfarrkirche neu zu bauen: der Chor  $55'$  lang,  $22'$  breit und bis zur Mauerkrone  $24'$  hoch; das Langhaus  $70'$  lang, das Mittelschiff  $26'$  hoch, die Seitenschiffe  $11'$  breit und  $16'$  hoch<sup>545</sup>.

*Arlesford (Hants)* 1418 Ein Zimmermann sollte das Gasthaus „Zum Engel“ mit einer  $20' \times 18'$  großen Halle, dazu ein  $34'$  langes Torhaus mit einem  $9'$  weiten Tor errichten. Die Querschnitte zahlreicher Hölzer sind in Fuß und Zoll angegeben<sup>546</sup>.

*Walberswick (Suffolk)* 1425 Der neue Kirchturm messe im Lichten  $12' \times 12'$ , die Mauerstärke sei  $6'$ <sup>547</sup>.

*Fotheringay (Northants.)* 1434 Dem bestehenden Chor der Pfarrkirche war ein dreischiffiges Langhaus anzufügen, dazu ein Turm. Dieser sei  $20'$  breit, ebenso tief und  $80'$  hoch<sup>548</sup>.

*Dunster (Somerset)* 1442 Der neue Kirchturm soll  $100'$  hoch werden<sup>549</sup>.

*Cambridge* 1457 Für das Corpus Christi College war eine  $4\frac{1}{2}$  Ruten (rods) lange,  $18'$  hohe Mauer zu bauen<sup>550</sup>.

*Exeter* 1478 Eine  $20'$  lange,  $14'$  breite Mälzerei sollte gebaut werden<sup>551</sup>.

*Gloucester* 1483 Auftrag für ein  $47'$  langes,  $15'$  breites Fachwerkhhaus<sup>552</sup>.

*Tattershall* 1485—86 Ein  $172'$  langes,  $19'$  breites und  $16'$  hohes Armenhaus war zu bauen<sup>553</sup>.

*Helmingham (Suffolk)* 1487—88 Der neue Kirchturm sollte  $60'$  hoch werden<sup>554</sup>.

*Canterbury* 1497 In einer  $84'$  langen Zeile waren vier  $20'$  tiefe Fachwerkhäuser zu errichten, jedes mit Werkstatt ( $12' \times 8\frac{1}{2}'$ ), Küche ( $12' \times 10'$ ) und Speisekammer ( $8\frac{1}{2}' \times 4'$ )<sup>555</sup>.

*Great Shesterton (Wilts.)* 1511 Auftrag für ein  $60'$  langes,  $19'$  breites und  $16'$  hohes Steinhaus<sup>556</sup>.

*Prag* 1389 Der Komtur des Prager Johanniterklosters beauftragte den Maurer Pessco Lutka, einen Turm um  $10$  Ellen höher zu führen<sup>557</sup>.

*Prag* 1390 Einige Bürger der Prager Neustadt beauftragten einen Maurer, einen  $3$  Ellen weiten und  $3\frac{1}{2}$  Ellen tiefen Brunnen anzulegen<sup>558</sup>.

<sup>544</sup> Ebenda S. 478.

<sup>545</sup> Ebenda S. 487.

<sup>546</sup> Ebenda S. 493.

<sup>547</sup> Ebenda S. 499.

<sup>548</sup> Ebenda S. 505.

<sup>549</sup> Ebenda S. 514.

<sup>550</sup> Ebenda S. 531.

<sup>551</sup> Ebenda S. 540.

<sup>552</sup> Ebenda S. 542.

<sup>553</sup> Ebenda S. 544.

<sup>554</sup> Ebenda S. 547.

<sup>555</sup> Ebenda S. 554. — Weitere Aufträge für den Bau von Fachwerkhäusern, jeweils mit Maßzahlen, auf S. 432, 434, 441, 443, 560, 579, 597.

<sup>556</sup> Ebenda S. 561.

<sup>557</sup> NEUWIRTH 1893, S. 270, 596.

<sup>558</sup> Ebenda S. 275, 599.

*Medonost bei Prag 1391* Rzymco von Medonost und der Ortsgeistliche Franco kamen mit dem Prager Meister Peter Lutka überein, in Medonost eine Kirche mit folgenden Abmessungen zu bauen: die Länge der ganzen Kirche 23 Ellen, davon 13 Ellen für das Schiff und 10 Ellen für den Chor, die lichte Breite des Schiffes 10 Ellen, die lichte Breite des Chores 8 Ellen, die Höhe von Schiff und Chor übereinstimmend 10 Ellen; im übrigen die Mauerstärke der Kirche, die Mauerstärke des Turmes, die drei Altäre, die Fenster, die Portallaubung und alle anderen Details genau wie bei der Kirche von Libisch<sup>559</sup>.

*Skutsch 1391* Her Smil von Richenburg schloß offenbar mit demselben Meister Peter, Bürger der Prager Neustadt, einen Vertrag über den Bau des Hospitals in Skutsch: Es sollte, vom Erdboden an gemessen, 15 Prager Ellen hoch werden, der Chor der zugehörigen Kirche 10 Ellen lang und 8 Ellen breit, ihr Schiff 20 Ellen lang und 14 Ellen breit; der Chor sollte 5 Fenster, das Schiff 2 Fenster erhalten, alle im Lichten 8 Ellen hoch<sup>560</sup>.

*Krummaw 1407* Der Krummawer Pfarrer Hostislaus schloß mit dem Baumeister Johann einen Vertrag über die Einwölbung der Stadtpfarrkirche. Acht Rundpfeiler, jeder  $1\frac{1}{4}$  Prager Ellen stark, sollen im Langhaus das Gewölbe tragen. Für die Figuration des Gewölbes wird auf einen vorliegenden Plan verwiesen<sup>561</sup>.

*Kundratitz 1411–12* Zwei Maurer wurden beauftragt, vor der unweit von Klattau neu errichteten königlichen Burg Kundratitz einen 15 Ellen tiefen, 30 Ellen breiten Graben herzustellen. Im folgenden Jahr erhielt ein Steinbrecher den Auftrag, ebenda einen 30 Ellen langen, 9 Ellen tiefen Fischteich anzulegen und als dessen Wehr eine  $1\frac{1}{4}$  Ellen starke, 9 Ellen hohe Mauer aufzuführen<sup>562</sup>.

*Nürnberg 1471* Aus Anlaß des bevorstehenden kaiserlichen Besuches ließ der Stadtbaumeister auf der Burg „von pretern ein kuchen aufslahen im vorhoff . . . bei 20 schuhen in ein vierung“, dazu vor den Fenstern der Küche in inneren Hof eine Bretterwand „bei 7 schuhen weit und bei 10 schuhen hoch“<sup>563</sup>.

*Rottweil a. N. 1478* „ . . . im Jahre 1478 fand man für nöthig, einen anderen Chor (der Kapellenkirche) bauen zu lassen. Den Akkord übernahm um 900 fl. ein Stuttgarter Steinmetz, namens Albrecht Georg, der sich . . . verbindlich machte, innerhalb fünf Jahren einen neuen Chor in einer Länge von 53 Schuh, einer Breite von 30 und einer Höhe von 54 Schuh . . ., alles aus gehauenen Steinen zu bauen, auch die Decken zu wölben, und den Fußboden mit steinernen Platten zu belegen“<sup>564</sup>.

*Eßlingen 1486* Matthäus Böblinger erhielt Nachricht, der Eßlinger Rat habe beschlossen, den Chor der Spitalkirche „an yeder syt vier schuch enger dann das langwerk zu machen“<sup>565</sup>.

*Manfredonia 1277* Am Fuße des Monte Gargano hatte König Manfred 1263 die nach ihm benannte Stadt ohne rechten Erfolg gegründet. Karl I befahl 1277 für den

<sup>559</sup> Ebenda S. 266; dort S. 597 auch der lateinische Text der Urkunde aus dem Grundbuch der Prager Neustadt.

<sup>560</sup> Ebenda S. 267, 598.

<sup>561</sup> Ebenda S. 269, 602.

<sup>562</sup> Ebenda S. 272, 604 f.

<sup>563</sup> TUCHER (Lexen 1862), S. 297, 303.

<sup>564</sup> H. RUCKGABER, Geschichte der Frei- und Reichsstadt Rottweil, Rottweil a. N. 1836, Bd. II/1, S. 321. — Die hier nicht im Wortlaut veröffentlichte Urkunde ist, wie mir Herr Stadarchivar Vogt in Rottweil freundlichst mitteilte, derzeit nicht aufzufinden.

<sup>565</sup> KLAIBER 1911, S. 379.



Bau der Stadtbefestigung: Die Stadtmauer soll 5 Palm stark und 4 Cannen — 1 Canna für die Brustwehr und die Zinnen eingerechnet — hoch werden; sie soll 2 Pforten erhalten von 6 Palm Breite und 8 Palm Höhe. Die vier Tore sollen jeweils 12 Palm breit und 16 Palm hoch werden<sup>566</sup>.

*Lucera 1278—81* König Karl I. hatte 1269 in Lucera den Bau der Festung begonnen. In Abänderung der ursprünglichen Pläne befahl er 1278, die Kurtinen der Ringmauer um 2 Cannen (4,21m) und die 15 Türme um ein Geschoß zu erhöhen. Diese Turmgewölbe sollten auf jeder Seite ein  $1\frac{1}{2}$  breites, 5 Palm hohes Fenster erhalten. Die Brustwehr der Türme war zunächst ohne Zinnen  $4\frac{1}{2}$  Palm hochzuführen. Für die Zwischendecken der Türme wurde 1279 eine Holzliste aufgestellt; sie enthält die Anzahl und — in Cannen und Palm gemessen — die Längen- und Querschnittsmaße der benötigten Hölzer. — Eine für die Brücke aufgestellte Bauvorschrift sah vor: die Brücke habe 3 Öffnungen, die mittlere auf Pfeilern gewölbt, die äußeren als Zugbrücken ausgebildet; die ganze Brücke sei 14 Palm breit, der mittlere Abschnitt 36 Palm lang, die Zugbrücken je 18 Palm lang, die gesamte Länge also 9 Cannen. Die Wölbung des mittleren Abschnittes bestehe aus drei je 2 Palm breiten Bogen. Eine 14 Palm breite und 4 Palm tiefe Vorlage sei an beiden Grabenseiten als Auflager der beiden Zugbrücken aufzuführen. In der auf der Seite der Festung liegenden Vorlage solle eine Treppe bis zum Wasserspiegel des Grabens hinunterführen; die Pforten dieser Treppe seien 4 Palm breit und 6 Palm hoch. Nach einem abgeänderten Entwurf wurde für diese Brücke 1279 ebenfalls eine Holzliste aufgestellt. — Als letzter Abschnitt der Grabenbefestigung wurde die Böschungsmauer beim großen Rundturm ausgeführt. Die 1281 erlassene Bauvorschrift bestimmt: Das Fundament 12 Palm stark, der Leib 9 Palm stark und um  $\frac{1}{2}$  Palm verjüngt, die Brustwehr 2 Palm stark, die Zinnen  $\frac{1}{2}$  Palm stark; der Abstand von Quermauer und Brustwehr betrage an der Ecke 3 Cannen<sup>567</sup>.

*Firenzuola 1335* Zum Schutz der nach Bologna führenden Straße gründete Florenz 1330 das befestigte Städtchen Firenzuola. Zwei *magistri lapidum* übernahmen 1335 den Bau des Florentiner Tores. Der Vertrag sah vor: Die Länge des Fundaments auf der Frontseite br. 20, in der Tiefe br. 12. Die Schenkelmauer außen br. 7 stark, innen br. 6, der Zwischenraum beider br. 4. Im Fundament bei der Torschwelle ein gemauertes, br. 6 großes Viereck mit einer br.  $\frac{1}{4}$  breiten Nut (für das Fallgatter?). Die Barbakane br. 6 hoch mit br.  $1\frac{1}{2}$  Anzug und mit einem br.  $\frac{1}{4}$  breiten Einschnitt (?). Die Schenkelmauer br. 5 stark. Das Lichtmaß der Torpfeiler br. 6, die Tiefe der Torpfeiler br.  $1\frac{1}{3}$ , davon br.  $\frac{1}{3}$  für die Nut des Fallgatters. Die Höhe der Torpfeiler bis zum Kämpfer br. 7, darüber ein Rundbogen; die Bogenstirn br.  $1\frac{1}{2}$ , die Bogenlaibung br.  $1\frac{1}{4}$ , darin eine br.  $\frac{1}{4}$  breite, nach oben auf br.  $\frac{1}{2}$  erweiterte Nut für das Fallgatter. Die Konstruktionshöhe (?) von Gewölbe und Fußboden des Wehrganges br. 4. In der Mauer zwei Konsolen als Träger einer br.  $1\frac{1}{2}$  über die Flucht ausladenden Platte; darüber ein br.  $1\frac{1}{4}$  breite, im Gewände br.  $\frac{1}{3}$  tiefe Nische. Die Treppen br.  $1\frac{1}{2}$  breit, die br.  $3\frac{1}{2}$  hohe Pforte (?) br. 4 über dem Boden. Auf der Stadtseite des Tores ein br. 2 hohes Gesims mit br.  $\frac{1}{4}$  Ausladung. Die Stirn des Bogens br.  $1\frac{1}{2}$ , die Laibung br.  $1\frac{1}{4}$ , (darin eine Nut, diese nach oben auf) br.  $\frac{1}{2}$  ausgeglichen, die Mauerstärke 2'. Die Pfeiler br. 3 × br. 3; in ihnen die Nut für das Fallgatter. Beiderseits der genannten Pfeiler ein br. 2 weites, im Kämpfer br.  $2\frac{1}{2}$  hohes Rund-

<sup>566</sup> HASELOFF 1920, S. 390 und Dokument 423.

<sup>567</sup> Ebenda S. 241—254 und Dokumente 243, 296, 323.

bogenfenster. Um br. 1 über dem Bogenscheitel zwei Konsolen, beide br.  $\frac{3}{4}$  breit und br.  $1\frac{1}{4}$  hoch. Über dem Wehgang ein br. 8 hoher Aufbau, darauf ein br.  $\frac{3}{4}$  breites und br. 2 hohes Pektorale, dieses mit Zinnen abgeschlossen. Beiderseits des Tores eine br. 25 lange Mauer; diese im Grund br. 4 stark, oberhalb des Einschnittes (?) br. 2 stark und br. 10 hoch. — Nahezu gleichlautende Verträge wurden am selben Tag für den Bau der beiden anderen Tore des Städtchens abgeschlossen<sup>568</sup>.

*Bologna 1391* Die Soprastanti della Fabbrica beauftragten den aus Venedig kommenden Werksteinhändler und Steinmetzen Girolamo Barozzi, einen 12 Ruthen (zu je 10') langen Abschnitt des Sockels von S. Petronio zu fertigen und zu liefern. Der Sockel war aus istrischem Kalkstein und aus rotem Kalkstein von Rovigo genauso herzustellen, wie aus den im Vertrag genannten Maßen und aus der — zur Unterrichtung der Bieter — öffentlich angeschlagenen Zeichnung hervorging<sup>569</sup>. Der Vertragstext nennt folgende Positionen und Maßzahlen:

1. Et primo teneatur . . . pro primo gradu pedis et cornicis dicti laborerii lapides qui sint latitudinis unius pedis cum dimidio et grossitudinis octo unciarum et hec omnia ad formam pedis et unciarum Bononie.
2. Item super lapide predicto facere pro parte anteriori banche dicti laborerii de lapidibus predictis qui sint grossitudinis in comissis octo unciarum et altitudinis decem unciarum . . .
3. Item teneatur . . . fabricari facere, pro plano banche predictae de lapidibus predictis qui sint latitudinis unius pedis cum dimidio et grossitudinis quinque unciarum . . .
4. Item facere teneatur pro quadro quod incipit super banca predicta de lapidibus predictis qui sint grossitudinis in comissis decem unciarum et altitudinis octo unciarum et dimidia.
5. Item super lapidibus predictis facere teneatur de bonis lapidibus predictis qui faciant medium tondum cum dimidio canelato, qui sint grossitudinis in comissis a parte inferiori unius pedis et altitudinis decem unciarum.
6. Item super lapidibus predictis . . . unum tondum cum uno smuso qui esse debeant in comissis grossitudinis unius pedis et altitudinis sex unciarum et dimidia.
7. Item super cornici et laborerio superius descripto ponere teneatur et dabeat de lapidibus rubeis veronensibus qui sint latitudinis duorum pedum et nouem uncie et grossitudinis trium unciarum, qui poni debeant in cortello in opera predicta.
8. Item super dictis lapidibus rubeis facere teneatur . . . dentellos et quadrettos, qui lapides esse debeant in comissis a parte superiori unius pedis et altitudinis septem unciarum.
9. Item super dictis lapidibus ponere teneatur . . . pro uno spigolo aguto lapides qui sint grossitudinis sex unciarum cum dimidia et latitudinis in comissis videlicet in totum usque in spigolo predicto unius pedis.
10. Item super predictis ponere teneatur . . . pro uno canelato et uno tondo in uno lapide ex predictis qui sit grossitudinis a parte inferiori in comissis unius pedis et altitudinis unius pedis et dimidia uncia.

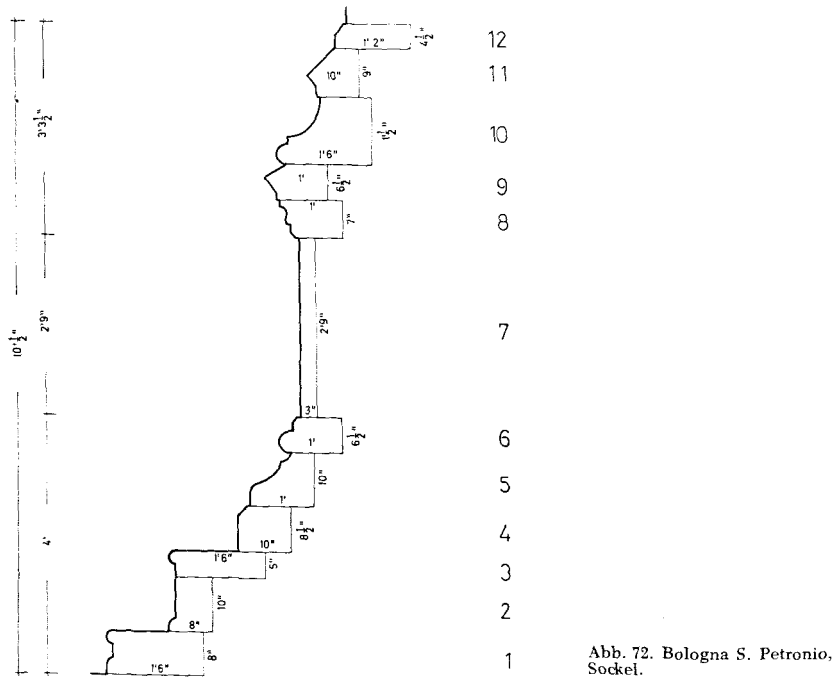
<sup>568</sup> M. RICHTER, Die „Terra murata“ im florentinischen Gebiet, in: Mitt. des kunsthist. Institutes in Florenz, Bd. 5, 1937–1940, S. 351.

<sup>569</sup> „ . . . secundum modos ordines et mensuras infrascriptas et pro et sicut laicus euidenter apparet in picturis et designatis jam factis et pictis in facie anteriori muri palatii Residenciae Dominorum Ancianorum populi et comunis Bononie pro demonstratione et exemplo pedis siue cornicis laborerii predicti . . . “ (GATTI 1913, S. 298 f.).

11. Item super predictis ponere teneatur . . . pro uno spigolo cum uno quadretto qui sint latitudinis in comissis decem unciarum et altitudinis novem unciarum.

12. Item super predictis facere . . . teneatur . . . unum quadrum cum uno smuxo qui sint grossitudinis quattuor unciarum et dimidium et latitudinis unius pedis et duarum unciarum<sup>570</sup>.

Mit dem Sockelprofil, das Gatti im Maßstab 1:10 veröffentlicht hat<sup>571</sup>, stimmen die genannten Glieder in ihren Formen und in ihren Vertikalmaßen völlig überein (Abb.72). Der Fuß des Sockels ist 4' hoch, der Fries 2'9'', das Haupt 3' 3 1/2''; im Ganzen also 10' 1/2'', womit sich die Vermutung aufdrängt, der zunächst 10' hoch projektierte Sockel sei während der Durchbildung des Details in einer der Schichten des Hauptes um 1/2'' (= 1,6 cm) gestreckt worden.



*Bologna 1393 und 1397* Mit dem genannten Meister Hieronimus und mit einem Meister Franciscus, beides mercatores et magistri lapidum, wurden zwei Verträge über Lieferung lediglich zugehauener Quader (lapides non laborati) geschlossen. Aus diesen Quadern wollte die Bauhütte die für vier bzw. zwei Maßwerkfenster erforderlichen Werkstücke in eigener Regie herstellen. Für die Abmessungen der Rohquader sind in beiden Verträgen jeweils etwa zwei Dutzend Maßzahlen vorgeschrieben, die nur einem

<sup>570</sup> Ebenda S. 299.

<sup>571</sup> Ebenda Taf. 1.

in großem Maßstab gezeichneten Entwurf oder einer Reißbodenzeichnung dieser Fenster entnommen sein können<sup>572</sup>. In der Absicht, den auf diese Maßzahlen festgelegten Lieferanten die Ausrede abzuschneiden, sie hätten, des Lateins unkundig, die Maßangaben mißverstanden — die lateinische Präambel der beiden Verträge sagt dies mit deutlichen Worten<sup>573</sup> —, ist der Vertragstext beide Male in der Volkssprache abgefaßt<sup>574</sup>.

*Palma di Mallorca 1426* Mit Guillermo Sagrera, der für die Börse zu Palma einen Entwurf vorgelegt hatte, wurde der Bauvertrag abgeschlossen. Darin ist die Höhe der Halle, vom Fußboden bis zum Schlußstein der Gewölbe gemessen, zu 8 „Canas von Montpellier“ festgelegt<sup>575</sup>.

### 6. Einkauf, Aufmaß und Abrechnung

Für den Bau war Material einzukaufen, die von den Handwerkern im Akkord geleistete Arbeit war aufzumessen und zu entlohnen. Jede Buchung des Baurechners mußte sich auf den Einheitspreis und auf die Abmessungen des Gegenstandes stützen. Sollte der Baurechner diese Abmessungen den Irrationalitäten einer Proportionsfigur entnehmen? Nein, er wollte und mußte wie jeder Kaufmann rechnen. Von seinem Partner, dem bauleitenden Architekten, wird er also billigerweise Maßangaben in einer Form erwartet haben, die sich in der Buchführung verwenden ließen.

*Carcassonne 1298* In einem Inventar des königlichen Bauhofes sind aufgeführt: 51 je 2 Kl. (cannae) lange Bleirohre, vier je 4½ Kl. lange Kanthölzer, vier je 1' lange Eisennägel, drei je 2 Kl. große Eisenringe und fünf je 2½ Spannen lange und ½' starke Kupferwellen<sup>576</sup>.

*Paris 1364—68* Das der Überlieferung nach von König Philipp August errichtete, von König Ludwig d. H. erweiterte Louvre-Schloß wurde unter König Karl V. umgebaut. Die Baurechnungen, soweit sie in einer Abschrift des 17. Jh. der Bibliothèque de l'Arsenal erhalten blieben, nennen als Architekten maistre Remond<sup>577</sup>. Rechnungsführer war Pierre Culdoë, der sich als „clerc et payeur des oeuvres du Roy, nostre sire“ bezeichnet. — Etwa 130 Einträge dieser Baurechnungen sind überliefert. Unter ihnen sind die folgenden 3 für unsere Frage vor allem aufschlußreich: In Eintrag Nr. 43 ist zunächst von einer neu aufgeführten Mauer die Rede. Sie „... fut mesuré... de long quinze toises et demy et deux pieds, et de haut... trois toises deux pieds valant cinquante deux toises et demy, deux pieds“. Einer der Türme „... a de pourtour XI toises parmy le milieu; et de haut... deux toises et demyes“. Die Mauer „entre icelle tour et la tour du milieu, a de long dix huit toises, trois pieds. Item lad(ite) tour du milieu... a de pourtour six toises, cinq pieds et demy. Item, pour la saillie des encorbeillemens d'icelle tour, pour le chauffedos de l'oratoire du Roy, onze toises douze pieds et demy.

<sup>572</sup> Soweit man nach Photographien urteilen kann, stimmen die in den Verträgen genannten Maße mit den Entfernungen der Fugen in den Kapellenfenstern überein.

<sup>573</sup> Loquendo vulgari sermone ut infrascripte mesure melius intelligantur et comprehendi possint (GATTI 1913 S. 311, ähnlich S. 309).

<sup>574</sup> GATTI 1913, S. 308 f., 310 f.

<sup>575</sup> STREET 1865, S. 514.

<sup>576</sup> MORTET-DESCHAMPS 1929, S. 327.

<sup>577</sup> Reymond du Temple, Hofarchitekt unter Karl V. und Karl VI.

Item pour la voute dud(it) oratoire, une toize et demy...“ — Der Eintrag Nr. 48 gilt einem Steinmetzen „... pour avoir faicte l'assiette de maçonnerie du gros mur de IX pieds d'espois... et y sont faictes trois grandes cheminées, chacune de quinze pieds de lé pardevant, et de douze pieds au font... et est fondé led(it) mur huit pieds et demy en terre.“ — Im Eintrag Nr. 51 wird der Bodenbelag der königlichen Wohnräume abgerechnet. „Logemens neufs: la sale contient XXXIX toises et demye XIII pieds et demy; la chambre à parer... contient trente-deux toises, la chambre en suivant, vingt-huit toises et d(emi) et six pieds; la grand chambre derrière, où fut la salle Saint-Louis, 33 toises trois quarts et deux pieds, et les autres deux chambres de la Reyne... LI toises demye et XII pieds, qui font IX.XX.VI<sup>578</sup> toises six pieds et demy à v.s. le pavement de plastre et platras...“ — Weitere Einträge geben in Klafter und Fuß die Abmessungen von Quadern, Deckenbalken und Treppenstufen, von Wandvertäfelungen, Türgewänden und Türblättern, die Abmessungen der im großen Treppenhaus aufgestellten Ruhebänke und selbst die Maße des Wassertroges in der Küche<sup>579</sup>.

*Dijon 1384* Für das Grabmal Philipps des Kühnen erhielt Claus Sluter einige Blöcke Alabaster, so „... 3 quartherons de pierres de Tonneurre, de 7 piez ou environ de long et de 2 ou 3 piez de large“, und nochmals „3 quartherons de pierres de Tourneure chascune de 7 piez de long et 3 piez de large...“<sup>580</sup>.

*Compiègne 1490* Neben der Kirche des im Wald von Compiègne gelegenen Cölestinerklosters ließ der Herzog von Orléans im Jahre 1490 eine Kapelle errichten. Der Abrechnung ist zu entnehmen: Jean Lenoir, „maistre de l'œuvre“, hat die Kapelle entworfen und vermessen („tenez et mesurez“) zu 5 Klafter (toises) Länge, 3 Kl. Breite zwischen den Außenfluchten („de dehors en dehors“) und 5 Kl. Höhe vom Fundament bis zur Mauerkrone; die Ausladung eines Strebepfeilers sei 3', die Stärke 2'. Das Ausheben der Fundamentgräben wird nach Kubikklaftern bzw. -fuß vergütet. In genannten Stückzahlen werden an der Baustelle Quader verschiedener Formate angefahren; die einen sind 2' lang, 1' tief, 1' hoch, die anderen 3' lang, 1½' tief, 1' hoch die dritten 3½' lang, 2' tief, 1' hoch; die Schichthöhe des Mauerwerks ist demnach 1'. Die Altarmensa ist 7' lang, 4' tief. Die Arbeit der Maurer wird nach Kubikklafter und -fuß, die der Dachdecker nach Quadratklaster und -fuß abgerechnet. Der Gipser putzt eine 7 Kl. lange und 4 Kl. hohe Mauerfläche. Der Zimmermann liefert eine Vertäfelung derselben Abmessungen. Der Tischler stellt das herzogliche Oratorium her; es ist 9' lang, 5' breit und 8' hoch<sup>581</sup>.

*Eltham 1315* Einem Maurer wurde ein bestimmter Lohn je Rute (perch zu 18') zugesagt<sup>582</sup>.

*Stafford Castle 1348* Eine entsprechende Zusage für jeden 1 Rute (perch zu 24') langen und 1' hohen Abschnitt des Mauerwerks<sup>583</sup>.

<sup>578</sup> IX. XX. VI ist zu lesen  $9 \cdot 20 + 6 (= 186)$ .

<sup>579</sup> Vgl. die Einträge Nr. 5, 9, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 31, 60, 82, 84, 86, 87, 93, 94, 101, 102, 103, 106, 109, 120, 122, 127. — Le Roux de LINCY, Comptes et dépenses faites par Charles V. dans le château du Louvre des années 1384 à 1368, in: Revue archéologique VIII, 1851, S. 670 und 760. — Nochmals abgedruckt in A. BERTY, Topographie historique du vieux Paris, I. Région du Louvre et des Tuileries, Paris 1866, S. 181.

<sup>580</sup> TROESCHER 1932, S. 153. Dort weitere aus Schriftquellen entnommene Maßzahlen in den Anm. 203, 214, 243, 245, 249, 263, 301, 337, 383.

<sup>581</sup> LASSUS, Monastère des Célestins du Mont de Chastres, en la forêt de Cuise, in: Bulletin du Comité historique, tome I, Paris 1849, S. 47, 80.

<sup>582</sup> SALZMANN 1967, S. 422.

<sup>583</sup> Ebenda S. 438.

*Roxburgh Castle 1378* Ebenso für jeden 1 Rute (perch zu 20') langen Abschnitt des 7' starken Mauerwerks<sup>584</sup>.

*London 1395* Für den Westminster Palace lieferte ein Steinmetz ein Gesims, das je Fuß bezahlt wurde<sup>585</sup>.

*Durham 1398* Maurerarbeiten wurden je Quadratrate (rod zu  $6\frac{2}{3}$  Ellen (ells)) abgerechnet<sup>586</sup>.

*Walberswick (Suffolk) 1425* Der Bau des Kirchturmes wurde je hochgeführte Elle (yard) des Mauerwerks bezahlt<sup>587</sup>.

*Dunster (Somerset) 1442* Der Bau des Kirchturmes wurde genauso nach Fuß bezahlt<sup>588</sup>.

*Cambridge 1457* Der Bau einer Mauer wurde nach Ruten (rods) abgerechnet<sup>589</sup>.

*Helmingham (Suffolk) 1487—88* Der Bau eines Kirchturmes wurde nach Fuß bezahlt<sup>590</sup>.

*Prag 1372—78* In der Bauhütte des Prager Domes waren für die verschiedenen, nach Schablonen herzustellenden Formglieder unterschiedliche Einheitspreise festgesetzt, dazu ein weiterer Einheitspreis für schlichte Quader. Zu jedem Wochenende vermaß der Bauredner nach Ellen und Zoll die Länge der fertiggestellten Stücke und berechnete danach den Wochenlohn jedes Steinmetzen<sup>591</sup>. Am 14. November 1372 notierte er zum Ende einer ergebnislosen Arbeitswoche: „Lapidis hac ebdom. non est mensuratum, sed in futura notabitur, quia non fuerunt lapides consumati“. — Genauso wurde das Ausschmieden von Stabeisen und das Herbeischaffen von Rundholz nach Ellen vergütet<sup>592</sup>.

*Straßburg 1415* Der Baurechner des Münsters notierte zum Samstag nach St. Martin: „Item vmb XXXXIII — vierzig vnd 4 — schuhige hölczer uff den mitteln turn uff dem münster zu einre bünen vnd zu der nuwen winde wart geköffit vmb heinrich kugeler von wolffach XIIIllb XIIIßd<sup>593</sup>“.

*Xanten 1423 ff.* Quader und Bretter wurden bei der Abnahme nach Fuß gemessen. Die Arbeit der Schieferdecker wurde nach Quadratruuten abgerechnet<sup>594</sup>.

*Nürnberg 1464—75* In seinem Baumeisterbuch der Stadt Nürnberg berichtet Endres Tucher: Alle im Bauwesen der Stadt Beschäftigten schworen alljährlich dem neuen Rat Gehorsam und werklliche Arbeit. Auch die „... steinprecher ... thun alle jare zu dem

<sup>584</sup> Ebenda S. 457.

<sup>585</sup> Ebenda S. 472.

<sup>586</sup> Ebenda S. 473.

<sup>587</sup> Ebenda S. 499.

<sup>588</sup> Ebenda S. 514.

<sup>589</sup> Ebenda S. 531.

<sup>590</sup> Ebenda S. 547.

<sup>591</sup> I. NEUWIRTH, Die Wochenrechnungen und der Betrieb des Prager Dombaues in den Jahren 1372—1378, Prag 1890. Ein Ausschnitt dieser Wochenrechnungen samt Übersetzung bei M. HASAK, Die roman. und die got. Baukunst, Heft 3: Der Kirchenbau (Handbuch der Architektur. 4. Band) Stuttgart 1902, S. 258. — Die für den Deutschorden arbeitenden Steinmetzen wurden nach demselben Verfahren entlohnt (DEWISCHEIT 1899, S. 180 f.).

<sup>592</sup> Einträge vom 22. August 1372 und vom 19. August 1375. — Der Eintrag vom 30. Januar 1373 nennt Tarife für den Transport des „maius lignum habens XXIII ulnas“ und des „minus vero habens XVI ulnas“.

<sup>593</sup> H. REINHARDT, La haute tour de la Cathédrale de Strasbourg, in: Bull. de la Soc. des amis de la Cath. de Strasbourg, Nr. 5, 1939, S. 22, Anm. 4. — Der Deutschorden hat Rundholz nach der in Ellen gemessenen Länge eingekauft (DEWISCHEIT 1899, S. 207). — In Nürnberg kaufte man das zum Chorbau der Lorenzkirche nötige Holz nach Fuß (GÜMBEL 1910, S. 148 ff., 240, 245, 252, 341, 344, 353, 449, 455, 533, 540).

<sup>594</sup> WILKES-ROTHHOFF 1957, Sp. 16, 17, 52, 84, 250, 281, 305, 324.

newen ratte... gehorsam, ... also das sie alle stein an rechter leng, das ist drei stat schuch, auch legers dick un preit, das ist ander halb schuch in dem stab, den ein erber [ehrbarer] rat darzu geordent und geben hat, prechen wollen ...<sup>595</sup>. Die Steinbrecher erhielten einen bestimmten Lohn für „... ein quader, das drei schuch lanck, anderhalb schuch dick und hoch ist...“, ebenso „... für ein sturtzen, die sechs schuch lanck, ein schuch dick, zwen schuch preit ist...“<sup>596</sup>. Der Stadtwerkmeister „... soll auch alle stein, die von dem Reuhelperck<sup>597</sup> zu der stat gepewen komen und herein gefurt werden, ... selbs eichen [vermessen] in den stab, der darzu geordnet ist...“ Nach diesem Aufmaß wurden die Löhne berechnet<sup>598</sup>. — Um die Wasserversorgung der Stadt zu verbessern, wurde in den Burgberg ein horizontaler Stollen bis zum Brunnen der Burg getrieben. Die Steinmetzen und ihre Gesellen erhielten „ie von 6 statschuchen lanck, 7 statschuchen hoch,  $3\frac{1}{2}$  statschuchen weit“ einen bestimmt Lohn<sup>599</sup>. — Angeliferte Pflastersteine waren zu 10' langen, 5' breiten und 7' hohen Stapeln aufzuschichten; nach diesem Maß wurden sie abgenommen und bezahlt<sup>600</sup>. — Pflasterarbeiten wurden mit einer „rutten, die hat dreizehn stat schuch“, aufgemessen und abgerechnet<sup>601</sup>. — Dem Schmied, der neben Kleineisen auch größere Stücke herstellte, wurden Maße angegeben z. B. für eine „groß eisen stangen sibentzen schuch lang, dreier finger preit eines fingers dick“<sup>602</sup>. — Der Seiler wurde entlohnt „Für drei Klafter rötelschnür den zimmerleuten und pleischeit snür den steinmetzen...“<sup>603</sup>. — Dem Sägemüller wurde ein 20 bis 24' langer Schnitt mit einer bestimmten Summe vergütet. Bretter wurden entsprechend ihrer Länge — 18' bis 20' bzw. 22' bis 24' — nach Einheitspreisen gekauft<sup>604</sup>.

*Konstanz 1520—21* Die Münsterbauhütte verkaufte einiges Baumaterial, darunter 1' bzw.  $1\frac{1}{2}$  lange Quader<sup>605</sup>.

*Mailand 14./15. Jh.* die Dombauhütte hat den Transport des in eigener Regie am Lago Maggiore gebrochenen Werksteins in Maßeinheiten abgerechnet, ebenso den Einkauf von Kantholz, Schnittholz und Seilen. Die Arbeit der Maurer, Schmiede, Glaser und Glasmaler wurde nach Maßeinheiten vergütet. Selbst dem Goldschmied und dem Glockengießer wurden Maßzahlen angegeben<sup>606</sup>.

An einer Baustelle des Mittelalters wurde demnach nicht anders eingekauft, aufgemessen und abgerechnet als nach Maß und Zahl.

## 7. Baubeschreibungen

Wer ein Bauwerk beschreibt, wird nicht nur von seiner Gestalt, sondern auch von seiner materiellen Größe eine zutreffende Vorstellung vermitteln wollen. Er wird also Maßzahlen nennen, im Mittelalter nicht anders als heute.

<sup>595</sup> TUCHER (Lexer 1862) S. 80.

<sup>596</sup> Ebenda S. 83.

<sup>597</sup> Steinbruch der Stadt, heute „Schmausenbuck“.

<sup>598</sup> TUCHER (Lexer 1862), S. 35, ähnlich S. 82.

<sup>599</sup> Ebenda S. 318.

<sup>600</sup> Ebenda S. 87.

<sup>601</sup> Ebenda S. 51.

<sup>602</sup> Ebenda S. 98.

<sup>603</sup> Ebenda S. 110.

<sup>604</sup> Ebenda S. 121, 123.

<sup>605</sup> MONE 1852, S. 56 f.

<sup>606</sup> Vgl. Anm. 152—161.

Nicht jede in einem alten Bericht genannte Maßzahl werden wir unbesehen hinnehmen dürfen, denn der Schreibende kann sich mit einer pauschalen Angabe bewußt begnügt haben<sup>607</sup> oder er kann eine ihm (zutreffend oder irrig) genannte Maßzahl irrig oder zutreffend notiert haben<sup>608</sup>. Und wenn er, in der Absicht sicher zu gehen, die fragliche Strecke selbst einmaß, kann er sich einer Maßeinheit bedient haben, die mit der im Bauvorgang benutzten Maßeinheit nicht übereinstimmt, womit er Maßzahlen erhielt, die von den einstens an der Baustelle aufgegebenen Maßzahlen abweichen<sup>609</sup>.

Trotz solcher Vorbehalte sind uns die in mittelalterlichen Baubeschreibungen genannten Maßzahlen wichtig, denn sie legen klar, daß der Schreibende überzeugt war, die Abmessungen eines Bauwerks mit Maßzahlen rechtens anzugeben und daß er darüber hinaus überzeugt war, jeder Leser seines Berichtes sei in dieser Frage wie selbstverständlich der gleichen Meinung.

Auch dafür einige Beispiele:

*Valenciennes 1225—33* Für das Langhaus der 1225—33 errichteten Franziskanerkirche überliefert die Chronik des Jacques de Guise 70' Breite und 160' Länge<sup>610</sup>.

*Burg Saphet nach 1240* Die von den Templern auf Veranlassung des Bischofs von Marseille unweit Akkon errichtete Burg wird beschrieben: Die in den Felsen gehauenen Gräben 7 Kl. (canna) tief, 6 Kl. breit. Die 373 Kl. langen Mauern 10 Kl. stark, 20 Kl. hoch. Jeder der 7 Türme 10 Kl. breit, 12 Kl. hoch, in der Mauerkrone 2 Kl. stark<sup>611</sup>.

*Beauvais gegen 1565* Die hauptsächlichlichen Horizontalmaße der Kathedrale lauten: Die Breite des Binnenchores in den Pfeilerachsen 8 Kl. (toises), die Breite der Seitenschiffe und ebenso die Weite der Kapellen des Langchores 3½ Kl., die Länge des Binnenchores 17 Kl., die Länge des Querhauses 30 Kl.<sup>612</sup>.

*London 1314* St. Paul's wurde 1314 mit folgendem Ergebnis vermessen: Länge 690', Breite 130', Gewölbehöhe des Langhauses 102', Gewölbehöhe des „neuen Baus“ 88', Firsthöhe 150', Höhe des Glockenturmes 260', das Zimmerwerk dieses Turmes 274', die Höhe des Turmkreuzes 15', der Querbalken dieses Kreuzes 6'<sup>613</sup>.

*Bristol um 1480* In einer Beschreibung der königlichen Burg: Der Bergfried 25' breit, der Hauptbau 60' lang und 45' breit, von den vier im Mauerwerk 6' starken

<sup>607</sup> Gervasius von Canterbury berichtet, Wilhelm von Sens, seit 1175 Baumeister des neuen Chores der Kathedrale von Canterbury, sei vom Gerüst gestürzt „... a capitellis fornicis superioris altitudine. videlicet pedum quinquaginta“ (J. v. SCHLOSSER, Quellenbuch zur Kunstgeschichte des abendländischen Mittelalters, Wien 1896, S. 262). Die Dienstkappelle des Chores stehen etwa 14,2 m über dem Chorfußboden. Entspräche dies 50', wäre der Fuß nur 28,4 cm groß. Die von Gervasius genannte Höhe der Dienste scheint daher zweifelhaft zu sein.

<sup>608</sup> Welche Verwicklungen hier eintreten können, zeigt das in der Chronik des Jacques COUDREFIN genannte Baumaß 40' des Freiburger Münstersturms, wovon noch zu sprechen ist (vgl. Anm. 615).

<sup>609</sup> Die Höhe des Freiburger Münstersturms mißt nach Bauinspektor Rieder 366 Wiener Fuß, nach Wucherer 356 Pariser Fuß, „nach der gewöhnlichen Annahme“ 513 Werkschuhe, nach Rösch 373 Badische Fuß, nach Bayer 385 Fuß und 10 Zoll Rheinischen Fuß (H. SCHREIBER, Das Münster zu Freiburg im Breisgau, Karlsruhe und Freiburg 1826, S. 25). Die beiden an erster Stelle genannten Meßwerte sind um 0,56 bzw 0,52 m zu hoch; die aus der dritten Turmhöhe zurückgerechnete Länge eines Werkschuhes würde 22,44 cm entsprechen, was nicht zutreffen kann; der folgende Wert ist um 3,93 m zu gering, der letzte um 5,97 m zu groß. Angesichts solcher Differenzen sollte man die beim Einmessen der Turmhöhe zu überwindenden Schwierigkeiten nicht gering schätzen.

<sup>610</sup> MORTET-DESCHAMPS 1929, S. 240.

<sup>611</sup> Ebenda S. 261.

<sup>612</sup> DESJARDINS 1865, S. 257 f.

<sup>613</sup> SALZMAN 1967, S. 389.



Türmen ist einer um 5' höher als die übrigen; die Burg ist innerhalb der Mauer 180 Ruten (virgae) lang, 100 Ellen (yardes) breit; die Bastei mißt 60 Ruten, das Bollwerk 60'; die Balken der Halle sind etwa 45' lang, ihr Querschnitt mißt 12' × 8'<sup>614</sup>.

*Freiburg i. Br. 1450* Mehrere Ratsherren der üchtländischen Stadt Freiburg, die sich im Jahre 1450 im breisgauischen Freiburg aufhielten, hatten den Wunsch, das Münster anzusehen. Konrad Scherer war mit Einwilligung des obersten Zunftmeisters bereit, die Herren zu führen. Ein in der Heimat zurückgebliebener Ratsherr, der sich von diesem Besuch erzählen ließ und darüber berichtete<sup>615</sup>, nennt für den Münsterturm die folgenden Maße: Die Höhe des Turmes von der ersten Stufe bis zum Helm 326 pas (diese Maßeinheit entsprechend der Höhe des dem Chronisten vorliegenden Schreibpapiers<sup>616</sup>), die obere Breite des Turmes 40'<sup>617</sup>, die Platten der Turmdecke 16' lang und 4' breit<sup>618</sup>, die Höhe des Helm 200 pas der angegebenen Länge<sup>619</sup>.

*Mailand 1389/90* Antonio de Vincenti, der Entwurfsmeister und bauleitende Architekt von S. Petronio in Bologna, hat in Mailand die wichtigsten Abmessungen des dort wenige Jahre zuvor begonnenen Domes teils selbst gemessen, teils von seinen dort tätigen Berufskollegen angeben lassen (Abb. 22). Auf der Rückseite des Blattes hat sich Antonio die Hauptmaße für zwei weitere Kirchen — ebenfalls in Mailänder Ellen — notiert: „Alteza di santa maria rotonda da roma sie braza LXXVI milanorum, largeza

<sup>614</sup> Ebenda S. 410.

<sup>615</sup> Der Bericht des Jacques COUDREFIN (vgl. J. D. Blavignac 1858, S. XIV) lautet: „Consequamment le XII jour du mois de fevrier (1450) par licence de Cläwi von Ougsburg, oberster zunftmeister, il allirent sur le clochier et y allast avecque eux Cunrad scherer, et la trouverent la hauteur dudit clochier qu'estoit depuis le premier pas jusque sur la vaulta dessus 326 pas qui sont de la hauteur de ceste presente page, et a ledit cloché de largeur dessus 40 piedz et les plattes de pierre de couverte ont 16 pieds de long et quatre de large, la onglette a de hault jusque au botton 200 pas comme dessus est designé . . .“

<sup>616</sup> Diese einfache und handgreifliche Möglichkeit, dem Leser eine ihm nicht vertraute Maßeinheit deutlich zu machen, mutet uns heute fremd an. Aber wie sollte ein Autor unter damaligen Voraussetzungen anders vorgehen? Luca PACIOLI hatte in seiner Divina Proportione (Venedig 1508) die Absicht, dem Leser eine Vorstellung von der Höhe jenes Reiterbildes zu geben, das Leonardo in Mailand modelliert hatte. So setzte er eine etwa 188 mm (6'' 6''' venezianisch) lange Linie auf die Buchseite und fügte hinzu, die Höhe des Reiterbildes sei gleich der 37/3fachen Länge dieser Strecke. In grundsätzlich derselben Art über die Länge von Maßeinheiten Aufschluß zu geben, war im 16. und 17. Jh. allgemein üblich (RIVIVS 1548, Bl. 122. — PALLADIO 1570, Buch II, S. 4. — Vincenzo SCAMOZZI, Dell'idea della architettura universale, Venetia 1615, Teil I, Buch I, S. 73. — DELORME 1648, S. 132). — Schließlich ein weniger bekanntes Beispiel: Unter dem 19. Februar 1658 gab der Prior des Benediktinerklosters Neresheim einem in Eichstätt tätigen Maler ein 10' × 16' großes Altarblatt in Auftrag; an den Rand seines Schreibens setzte er, „damit kein Fähl oder Mißverständnis mit dem gemahlten Stuckh sich erröge,“ eine 29,6 cm lange Linie und bemerkte dazu, „die Länge des Werkschuchs hatt der Herr hiebey uff der Seiten.“ (P. WEISSENBERGER, Baugeschichte der Abtei Neresheim. Stuttgart, 1934, S. 197).

<sup>617</sup> Sobald die Baumaße des Freiburger Münsterturms in Fuß ermittelt sind, wird von dieser Maßangabe zu sprechen sein (vgl. Abschnitt IX D).

<sup>618</sup> Gemeint sind offenbar die Steinplatten der Dachdecke des Turms in halber Höhe des Achtors. Diese Decke ist, wie eine Bauinschrift versicherte, 1733 „ganz neu gemacht“ worden (KEMPF-SCHUSTER 1906, S. 214). Die genannten Maßzahlen zu prüfen ist nun nicht mehr möglich.

<sup>619</sup> Der Text des Jacques COUDREFIN ist nur in einer Abschrift anderen Formates erhalten geblieben. Dennoch dürfte sich die von ihm als pas bezeichnete Maßeinheit — die Höhe des von ihm benutzten Schreibpapiers — zurückgewinnen und die in dieser Maßeinheit ausgedrückte Höhe des Turmes prüfen lassen: das von Coudrefin zunächst genannte Maß reicht von der ersten Stufe der Treppe, d. h. vom Fuß des Turmes, offenbar bis zum Fuß des nicht ganz ohne Grund als „Gewölbe“ bezeichneten Helms (Wer je auf der Dachdecke des Turmes stand und nach oben blickte, wird den von Coudrefin gewählten Ausdruck vaulta verstehen). Unter der Voraussetzung, diese jederzeit zugängliche Höhe sei zutreffend gemessen, ist Vorhalle FB bis Achtortgalerie FB = 70,04 m = 326 pas. Damit ist 1 pas = 21,48 cm. Der Höhe des Helms gibt Coudrefin die runde Zahl von 200 pas = 42,97 m. Baumaß = 45,08 m. Diff. 45,08 — 42,97 = + 2,11 m. Dieses Ergebnis — mit den in Anm. 609 genannten Messungen des 19. Jh. verglichen — ist achtbar. (Die Voraussetzung, von der diese Rechnung ausgeht, läßt sich allerdings nicht nachprüfen). — Die Maße des Freiburger Münsterturms, von denen Coudrefin berichtet, sind den schweizer Ratsherren wohl von ihrem Cicerone, Konrad Scherer, genannt worden. KLETZL (1936 Freiburg, S. 20 Anm. 8) hat den Vorgang anders gedeutet: Der „Freiburger Werkschuh“ sei „wahrscheinlich auch von jenen Werkleuten aus Freiburg in der Schweiz dazu benützt worden, die den berühmten Turm 1449/50 vermaßen, . . .“.

die deta sie braza LXXVI. — Alteza de san lorenzo da milona sie braza LXXVI, largeza de ditta chiesa sie braza otanta<sup>620</sup>.

*Mailand 1389/90 bis 1521* Antonio de Vincenti, Gabriele Stormaloco und Cesare Cesariano waren übereinstimmend der Meinung, das quadratische Raster des Mailänder Domgrundrisses habe eine Maschenweite von 16 Mailänder Ellen.

*Bologna 1520* Arduino Arriguzi, damals bauleitender Architekt von S. Petronio, berichtete dem Bauvorstand, das Hauptportal der Kirche sei 12' weit und 24' hoch, die Nebenportale entsprechend 8' und 16', mithin seien die Nebenportale in Weite und Höhe um ein Drittel kleiner als das Hauptportal<sup>621</sup>.

*Segovia nach 1562* An die Stelle der 1522 im Comuneros-Aufstand zerstörten Kathedrale trat der 1525 begonnene, heute bestehende Neubau. Ein Domherr, der 1522–62 als Rechnungsführer der Bauhütte tätig war, gab für diesen Neubau folgende Maße an: das Mittelschiff 115' bis 120' hoch, zwischen den Fluchten 54' breit; die Seitenschiffe 80' hoch und 38' weit, die Einsatzkapellen am Langhaus 50' hoch und 26' weit; die Vierungspfeiler 12', die Langhauspfeiler 10' stark; der Turm im Grundriß quadratisch, sein Lichtmaß 33' seine Mauerstärke 10' in ganzer Höhe des Turmes, die Mauerstärke des Turmes auf der Seite der Kirche allerdings 15' am Boden. Der Domherr fügte einige Vergleichszahlen hinzu: Der Turm der Kathedrale von Segovia sei um ein Drittel breiter als der Turm zu Toledo, denn das Innenmaß des Turmes von Segovia sei 33', das des Turmes zu Toledo 22'; die Kathedrale von Segovia sei um 100' breiter als die Kathedrale von Salamanca<sup>622</sup>.

## B. Maßzahlen in Musterbüchern

Das Wiener Musterbuch enthält die geometrische Austragung eines Gewölbes samt Beischriften (Abb. 73). Sie lautet:

„Vnd das boges ain schuch vertruckt“, weiter unten: „Zwen schuch vertruckt das boge(n)s zu gewelb“, rechts einige unleserliche Worte, darunter: „III schuch hoch 3'“. Die zugehörige Erläuterung lautet: „Item der mittel schlostain stant VIII schuech hoech vnd III zoll; item der schlostain mit den VI schenckel, da das gantt-zaichen uff stant (3), der stant VII schuech hoch vnd 1 zoll; vnd der mit den zwaien schenckel stant VI strich (?) hoech vnd III zoll, vnd das 6 zue ainem zaichen. Item der mit den zwenen schittrechten schenckel, der das (d)-zaichen gant, der stant V strich (?) vnd III zoll. vnd der mit dem zaichen (10) in de... stant II schuech [gestrichen: boge d ist zwen schuech vertruckt] vnd III zoll mit ainem gerunden schenckel, vnd das boges ist zwen schuech vertrueet, vnd das bogenlin ain schuech, item die virhungh VI schuch unten vnd III zoll vnd ... ist (?) XVI schuch vnd III zoll ... (?)“<sup>623</sup>.

Lorenz Lacher nennt in seiner „Unterweisung“ ebenfalls Maßzahlen:

Die lichte Weite des Chores messe 20' oder 30', die Höhe des Chores entspreche dem 1½, 2 oder 3fachen der lichten Weite, die Länge des Chores dem 2 oder 3fachen der

<sup>620</sup> Die Rückseite des Blattes bei SIEBENHÜNER 1944, Taf. 16, der zweite Eintrag bei BELTRAMI S. 132. — Für die Lesung der Notizen habe ich Herrn Archivdirektor Dr. Kleinau zu danken.

<sup>621</sup> GATTI 1913, S. 316.

<sup>622</sup> STREET 1865, S. 490. — Einige der hier genannten Maßzahlen lassen sich mit den bei DEHIO-BEZOLD veröffentlichten Rissen durchaus nicht vereinbaren.

<sup>623</sup> Auch hier habe ich Herrn Dr. Kleinau für die Lesung des Textes zu danken.

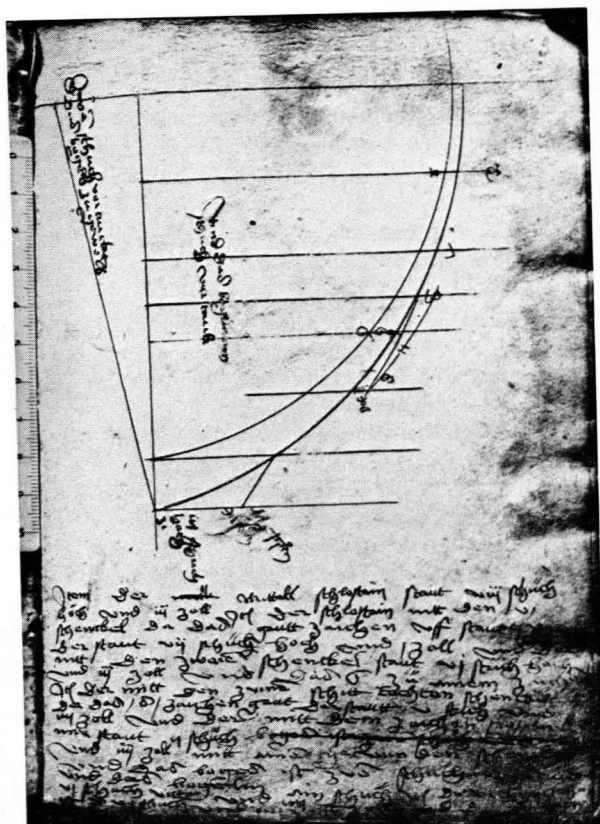


Abb. 73. Wien Musterbuch der Albertina fol. 16v.

lichten Weite. Die Stärke der Chormauern sei 2' bzw. 3'. Für die Stärke der Fundamente nennt er 5', für die Stärke der Strebepfeiler 2', für deren Ausladung 4'. Im Langhaus sei die Weite des Mittelschiffs gleich der Weite des Chores. Die Weite der Abseiten sei davon die Hälfte. Die Länge des Langhauses entspreche der doppelten Länge des Chores. Der Turm soll bei 200' Höhe 10' Mauerstärke (einschl. Pfeiler) erhalten, bei 300' Höhe aber 15'.

„Des Chores Maß“ nennt nahezu dieselben Maßzahlen<sup>624</sup>.

### C. Maßzahlen in Bauzeichnungen

Mehrfach wurde festgestellt, in gotischen Bauzeichnungen seien Maßzahlen selten zu finden<sup>625</sup>. So ganz selten wohl nicht. Hier einige Beispiele:

<sup>624</sup> Vgl. Anm. 210 und 203.

<sup>625</sup> F. SCHMIDT, Die Pergamentzeichnungen der alten Bauhütte zu Wien, in: Mitt. der K. k. Zentralkommission XII, Wien 1867, S. 4. — COLOMBIER 1953, S. 64 f. — BOOZ 1956, S. 75.

*Augsburg Domchor, Grundriß* (Wien, Ak. 16846)<sup>625a</sup>: In den westlichen Gurten des Langchores sind drei Quermaße vermerkt, im Mittelschiff: XXXV 8, im inneren Seitenschiff: XXI 8, im äußeren Seitenschiff XX 8. Den Maßziffern ist hier, was nur selten vorkommt, die Bezeichnung der Dimension beigegeben in Gestalt eines — hier im Druck näherungsweise mit 8 wiedergegebenen — beiderseits eingedrückten Ovals. Dies ist ein Bildzeichen für „Schuh“ oder „Fuß“.

*Frankfurt a. M. Domturm, Aufriß A* (um 1415 Madern Gertner; Frankfurt a. M., Histor. Museum). Rechts des Turmes sind vom Sockel bis zur Kreuzblume, jeweils durch Strichmarken getrennt, folgende Maßzahlen angegeben: 20, 20, 20, 20, 8, 20, 36, 20, 20, 44, 25, 18, 29. Weiter rechts steht in Höhe des zweiten Geschosses die Zahl 225 über dem Zeichen  $\perp$ ; Zahl und Zeichen sind in einen Kreis eingeschlossen. In Höhe des Kuppelansatzes steht die Zahl 72 mit demselben Zeichen, wieder in einen Kreis eingeschlossen (72 ist die Summe der drei letzten Einzelmaße). Die Dimension der Maßzahlen ist Schuh, wie aus der in 30 Schuh geteilten Meßlinie des Risses hervorgeht<sup>626</sup>.

*Frankfurt a. M. Domturm, Aufriß B* (gegen 1430, M. Gertner?; Frankfurt a. M., Histor. Museum). Etwa in dreiviertel Höhe des Achtorts steht eine Marke seitlich des mittleren Fensters. Auf sie bezieht sich die am Planrand stehende Beischrift: ad(eu)nt (?) 12 pedes (?) ad fenestr(am) facit octo locatio(nes) et facit i(n) ... stata (?) 64<sup>627</sup>.

*Frankfurt a. M. Domturm, Aufriß C* (Nikolaus Queck, vor 1495; Frankfurt a. M., Histor. Museum). Zwei Horizontalen laufen quer über das Blatt, die eine in Kämpferhöhe der Achtortfenster, die andere wenig tiefer. Dem Abstand dieser Horizontalen entsprechen auf der Meßlinie des Risses A — beide Risse sind im gleichen Maßstab gezeichnet — 8 Schuh. Im Riß C steht die Ziffer 8 bei der oberen Horizontalen neben dem rechten Fenster. Über ihr im Zwickelmauerwerk 7, unter ihr im Fenster 640<sup>628</sup>.

*Frankfurt a. M., Entwurf eines Baukrans* (um 1490; Frankfurt a. M., Stadtarchiv). Für die am Achtort des Domturmes wieder einsetzenden Bauarbeiten war ein Kran nötig, der dem städtischen Zimmermann in Gegenwart des Baumeisters verdingt wurde (Abb. 74). Im Grundriß: „Dye weyt deß thorns XXVI schu“. Im Krangehäuse unten: „XXII schu hoch storm und uwer glock (Sturm- und Uhr-glocke)“ — mittig „VIII schu hoch strecken Zoll“ (?). — Oben: „XX schu hoch des kran gehuß“. Im Kranbaum: „XX schu hoch“, im Ausleger: „XXLV schu lang“ (gestrichen, dafür: „XXXV schu“<sup>629</sup>).

*Ingolstadt Liebfrauen, Aufriß der Westfront* (um 1460; Ingolstadt, Städt. Museum). Im 5. Geschoß unterhalb des Fensters: „XXVII best“ (?); im gleichen Geschoß neben der Kreuzblume einer Fiale zwei horizontale Strichlein und zwischen ihnen „9 zol hoher“; im Achtort unter dem ersten Fenstergesims „48 schuch“<sup>630</sup>.

<sup>625a</sup> Nach Abschluß des Manuskriptes erschien H. KOEPF, Die gotischen Planrisse der Wiener Sammlungen, Wien — Köln — Graz 1969, mit Abbildungen aller in Wien aufbewahrten Risse.

<sup>626</sup> WOLFF 1882, S. 95 und Fig. 58, 59 gab die beiden im Kreise eingeschlossenen Summen, SCHÖNBERGER 1927, Anm. 366 nannte auch die übrigen Maßzahlen. — Auch ein Aufriß des Freiburger Münsterturms (Wien, Ak. 16869) trägt in Höhe der Stern-galerie, vom Blattrand überschritten, den Rest einer kreisförmigen Marke.

<sup>627</sup> So SCHÖNBERGER 1927, Anm. 369.

<sup>628</sup> Die zuletzt genannte Ziffer kann keine Schuhzahl sein, da der Turm nach Riß C etwa 285' hoch werden sollte.

<sup>629</sup> WOLFF 1882, S. 44, Fig. 28; BOOZ 1956, S. 105, Abb. 20.

<sup>630</sup> F. DIETHEUER (Drei Originalbriefe des Dombaumeisters Konrad Roritzer und der Ingolstädter Liebfrauenturmplan um 1460, in: Verhandl. d. histor. Vereins für Oberpfalz und Regensburg, Bd. 101, 1961, S. 171) weist auf drei Maßangaben hin, ohne sie zu nennen. — Foto Marburg 82 561 bis 82 563.

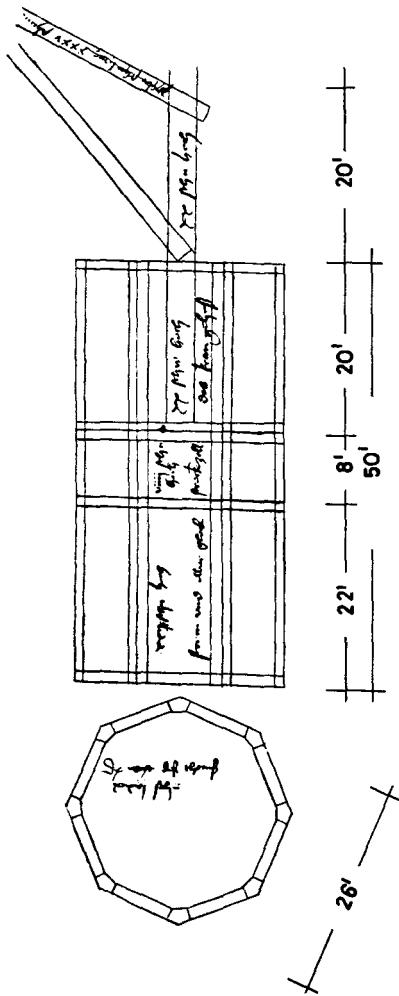


Abb. 74.  
Frankfurt a. M. Baukran für den Domturm  
(Stadtarchiv Frankfurt a. M.).

*Mailand Dom, Aufriß eines Strebepfeilers* (Mailand, Bibl. Ambrosiana). Rechts in halber Höhe „o (oncie) 22“; ein wenig höher „3“<sup>631</sup>.

*Siena Domgrundriß* (1339, Lando di Pietro; Siena, Museo dell' Opera). In der veröffentlichten Abbildung sind Maßangaben erkennbar, aber nicht zu lesen<sup>632</sup>.

*Straßburger Münster, Grundriß des Nordturmes* (wohl 1399, Ulrich von Ensingen; ehem. Ulm, Münsterbauamt). In die Südostmauer des Achtorts ist eine Beischrift in 5 Zeilen eingetragen:

<sup>631</sup> Foto Marburg 55 877.

<sup>632</sup> V. LUSINI, *Il Duomo di Siena*, Siena 1911, S. 167 und Tafel.

die apbseite synt 27 schue wit  
 die mitel werk 44 schue wit  
 die müir dicke zu buen jn der  
 vierung 11 schue dick  
 zu achtort 4 schue zu dem helm zwin schue 7 zul<sup>633</sup>

Wien St. Stephan, Nordturm Aufriß (Wien Stadtarchiv, Depot der Steinmetzgenossenschaft). Im 1. Fenstergeschoß links des Strebepfeilers „5“; im linken Fenster unter dem Ziergiebel „87“<sup>634</sup>.

Wien St. Stephan, Grundriß der Westempore mit Gewölbe (Wien, Ak. 16 851). Im Nordschiff „IIIIIIIIII ellen II zol“, „IIIIIIIIII ellen IIIII zol“, „IIIIIIIIII ellen IIIII zol“; im Hauptschiff „XX ellen“; im Südschiff „IIIIIIIIII ellen XII zol“, „IIIIIIIIII ellen III zol“, „IIIIIIIIII ellen III zol“<sup>635</sup>.

Ort unbekannt, Querschnitt eines saalförmigen Sakralbaues (Wien, Ak. 16844). Im Strebepfeiler sind Partiemäße angegeben, von unten nach oben: „5“, „10“, „17“, „9“, dazu beim Gewölbekämpfer „5“<sup>636</sup>.

Ort unbekannt, Aufriß eines Sakramentshauses (Nürnberg, Germ. National Museum, Nr. 2434) Links neben dem Fuß „XXXV“<sup>637</sup>.

Ort unbekannt, Aufriß eines Sakramentshauses (Wien, Ak. 16828). Im Schrein „30.“

Ort unbekannt, Aufriß eines Altarretabels (Berlin, Kupferstichkabinett, Nr. 1203). Zur Predella „ein span hoch, acht wit“; zum Schrein „IX span hoch, III dieff“<sup>638</sup>.

Demnach finden sich Maßzahlen in gotischen Rissen häufiger als man annehmen geneigt war. Die vorstehende Aufzählung ist überdies nicht vollständig<sup>639</sup>. Aber darum geht es nicht. Entscheidend ist etwas anderes:

Von der „Aufmachung“ einer Zeichnung hatte der gotische Architekt, wie Booz bereits gezeigt hat<sup>640</sup>, nicht dieselbe Vorstellung wie sein Berufskollege heute. Er verzichtete darauf, den Zeichenbogen winkeltrecht zu schneiden; er hatte nicht das Bedürfnis, die Zeichnung mit einer Beschriftung zu versehen, aus der die Bezeichnung und der Ort des Bauwerks, das Datum und der Ort der Fertigstellung des Entwurfs und überdies der Name des verantwortlichen Architekten hervorgeht; den Maßstab der Zeichnung hat er nie in Verhältniszahlen angegeben, die Meßlinie war ihm nicht wichtig und Maßzahlen nannte er nur beiläufig. Diese Maßzahlen schrieb er zumeist klein und unauffällig, er brachte sie oft an versteckten Orten unter und nur ausnahmsweise nannte er mehrere, in

<sup>633</sup> KRAUS hat nur die südliche Hälfte dieses Grundrisses 1876 (Fig. 147) nach einer Durchzeichnung ohne diese Beischrift abgebildet. Der Originalriß, dessen Verbleib damals nicht bekannt war, kehrte 1931 nach Ulm in das Münsterbauamt zurück. FRIEDERICH veröffentlichte eine Photographie dieses Risses in einer Autotypie (1962, Taf. 8). Auf ihr ist die Beischrift nicht zu lesen. Die Photographie selbst ist nicht mehr auffindbar. Der Riß ist seit 1945 verschollen. Erhalten geblieben ist Friederichs Durchzeichnung des Risses. Ihr ist die vorstehende, von KRAUS (1876, S. 448) abweichende Lesung entnommen.

<sup>634</sup> Hinweise bei TIETZE 1930, S. 17, Abb. 5 und GRIMSCHITZ 1947, S. 39, Abb. 4.

<sup>635</sup> Foto Marburg 136 875, 136 877.

<sup>636</sup> Foto Marburg 69 580.

<sup>637</sup> ZINK 1968, Nr. 45.

<sup>638</sup> M. J. FRIEDLANDER und E. BOCK, Handzeichnungen deutscher Meister des 15. und 16. Jahrh., Berlin 1921, S. 91, Taf. 129.

<sup>639</sup> Allein der Ulmer Riß A bietet sechs bisher unbekannte Maßzahlen.

<sup>640</sup> BOOZ 1956, S. 73.

einer Kette zusammengehörige Maßzahlen samt ihrer Summe; zudem setzte er nur selten Markierungen, die eine bemaßte Strecke deutlich begrenzen.

Nach unserem Dafürhalten spielen die Maßzahlen in gotischen Rissen eine untergeordnete Rolle. Daraus sollte man jedoch nicht folgern, die gotische Entwurfszeichnung sei nach einem Verfahren entwickelt, das — in der für das Grundmaß benützten Einheit ausgedrückt — irrationale, in einfachen Zahlen nicht darstellbare Werte ergibt. Jede einzelne der hier genannten Maßzahlen müßte dieser Folgerung widersprechen.

### D. Schluß

Die Schriftquellen überliefern Maßzahlen in Bauordnungen und in Bauverträgen, in Entwurfsbeschreibungen und in Kostenanschlägen, in Abrechnungen und in Baubeschreibungen. Auch die Musterbücher nennen Maßzahlen, genauso die Bauzeichnungen.

Auch aus den ins Einzelne gehenden Protokollen der Mailänder Hütte geht hervor, daß an der Baustelle Maßzahlen aufgegeben wurden.

So hatte der gotische Architekt nicht nötig, an der Baustelle Proportionsfiguren auszutragen. Allen Ungereimtheiten, die sich bei proportionierendem Vorgehen einstellen müßten, war er mithin enthoben.

Ist er aber an der Baustelle nach Maß und Zahl vorgegangen, mußte ihm möglich gewesen sein, am Reißbrett ein gleiches zu tun. Die Behauptung — sie ist eine der kräftigsten Stützen der These — der gotische Architekt sei zu maßstäblichem Zeichnen außerstande und daher genötigt gewesen, am Reißbrett wie an der Baustelle mit Proportionsfiguren vorzugehen, ist damit, was die Baustelle angeht, gewiß unzutreffend.

So bleibt den Proportionsfiguren als Wirkungsfeld nur noch das Reißbrett und selbst dies nur unter der Voraussetzung, der Architekt habe zu Beginn seiner Entwurfsarbeit die ihm in Bauordnungen und Bauverträgen vorgegebenen Maßzahlen in den irrationalen Maßen einer Proportionsfigur näherungsweise eingefangen und habe zu Ende seiner Entwurfsarbeit aus den irrationalen Maßen dieser Proportionsfigur die ihm vorgegebenen Maßzahlen wiederum — näherungsweise — abgeleitet.

## VII. Irrationales und rationales Maß

Die Adepten der These sind der Meinung, rationale Maßzahlen und irrationale, aus einer Proportionsfigur hervorgegangene Maße seien nach Gutdünken vertauschbare Größen. Daß sie der Mathematik damit eine Unlogik zumuten, stört sie nicht. Daran haben sie sich längst gewöhnt, denn diese Unlogik ist so alt wie die These selbst.

Cesariano hatte den unglücklichen Einfall, die für den Grundriß und für den Aufbau des Mailänder Domes in Mailänder Ellen benannten Maßzahlen aus gleichseitigen Dreiecken abzuleiten. Den derart interpretierten Grundriß des Domes nannte er „Ichnographia . . . Germanico more a trigono ac pariquadrato perstructa“. Ihm ist der Straßburger Arzt und Mathematiker Rivius in Bild und Wort getreulich gefolgt. Er hielt den Grundriß des Domes in „dem Triangel vnd Quadrat in rechter Symmetria aus dem Teutschen Steinmetzen grund . . . auff gerissen“. Mit dem Dafürhalten dieser beiden Autoren war die These literarisch begründet.

Die These in Frage zu stellen schien späterhin nicht mehr angezeigt, denn inzwischen waren außer den Dreiecken, auf die sich (vermeintlich) Stornaloco in Mailand und (tatsächlich) Carrazi in Bologna berufen hatten, auch Schriftquellen bekannt geworden, die man notfalls im Sinn der These verstehen konnte und im übrigen war man emsig dabei, zum Beweis der These die alten Dreiecke und neu erfundene, weit leistungsfähigere Figuren über allerlei Bauaufnahmen zusammenzuhäkeln.

Nun schien festzustehen: Kennzeichnend für die gotische Baukunst sei die Irrationalität der Maße; die den irrationalen Maßen näherungsweise entsprechenden Maßzahlen seien mithin nicht das Ursprüngliche, vielmehr hätten sie als Ableitung und Ersatz der irrationalen Maße zu gelten.

Sulpiz Boisserée 1823 Baumaße des Kölner Domes nannte Boisserée in Maßzahlen<sup>641</sup>. Das Verhältnis winkelrecht zueinanderstehender Baumaße führte er auf das Verhältnis rationaler Zahlen<sup>642</sup> oder — Cesariano und Rivius nennt er ausdrücklich<sup>643</sup> — auf Dreiecksverhältnisse zurück<sup>644</sup>; algebraische und geometrische Verhältnisse setzte er überdies einander gleich<sup>645</sup>.

Bernhard Grueber 1839—1841 (II, S. 36) „Die Gewinnung der Pfeilerdicke wird regelmäßig also bewerkstelligt, dass aus den entgegenstehenden Säulenachsen des Hauptschiffes ein gleichseitiges Dreieck errichtet werde, dessen Achse dann die lichte Weite zwischen den Säulen bestimmt und dieses Verhältniss der Achse des Dreiecks zur Seite, (nemlich sechs zu sieben) weist dem Pfeiler  $\frac{1}{7}$  der Sprengweite zur Dicke an“. — Im gleichseitigen Dreieck ist  $h = a/2 \sqrt{3}$ , also  $h : a = 6,0621 : 7$ . Der Wert 6 ist um 1,02 % zu gering.

Friedrich Hoffstadt 1840 (S. 155) „Dieser höchst wichtige Meisterriß [Meisterstück eines Unbekannten, nicht vor der Mitte des 18. Jh., hier Abb. 33] erklärt die oben gegebene, außerdem allerdings unverständliche Eingangsstelle des alten Manuskripts [„des Chores Maß“] vollkommen, in dem gleich gezeigt werden wird, wie aus der Chorweite die Mauerstärke und . . . gesucht werden müssen . . . Die Mauerstärke liegt aber bereits in den Konstruktionslinien der Quadratur, indem der Abstand der beiden innersten Quadrate von einander mit dem Zirkel gemessen und sodann um das

<sup>641</sup> BOISSERÉE 1823 I, S. 6, 19; II, S. 10 f.

<sup>642</sup> Ebenda I, S. 19, 22, 35 f.; II, S. 21 ff.

<sup>643</sup> Ebenda I, S. 20.

<sup>644</sup> Ebenda I, S. 39; II, S. 12.

<sup>645</sup> Ebenda II, S. 3.



äußere Achtort als Mauerdicke herumgetragen wird. Hierbei ist zu bemerken, daß, wenn man die Mauerstärke zu zwei Schuhen annimmt, die lichte Chorweite etwas weniger als zwanzig Schuhe beträgt und daß wohl deshalb in dem alten Originalrisse die Mauerstärke ... unmerklich schwächer als der Abstand der beiden innersten Quadrate von einander ist, so daß dennoch das Verhältnis von 2 zu 20 herauskommt, während bei strikter Befolgung der aus der Quadratur folgenden Mauerdicke dieselbe ein klein wenig stärker ausfällt. Man kann aber annehmen, daß sich das Verhältnis von 2 zu 20 durch die Erfahrung hinlänglich erprobt hatte und daß sich deshalb das Manuskript kürzer mit Zahlen ausdrückte“. — „Des Chores Maß“ nennt für die Weite des Chores 20', für die Mauerstärke des Chores 2'. Aber auf solche Aussagen wird man „keinen besonderen Wert legen ... dürfen“, da die Vorsteher einer Maurerzunft des 18. Jh. in einem anlässlich einer Meisterprüfung vorgelegten Grundriß eines gotischen Chores die Vierung über Ort zu sehen wünschten. In diesem Meisterstück (Abb. 33) ist die Vierung über Ort unnütz und überdies irreführend; Hoffstadt versichert selbst, die Mauerstärke 2' finde sich im Abstand der beiden letzten Quadrate der Vierung über Ort nur angenähert wieder. Dennoch zieht er den Schluß, das rationale Maß 2' sei aus diesem irrationalen Maß der Figur abzuleiten. Mit dieser Schlußfolgerung verordnet er dem gotischen Architekten, an der Baustelle mit Mühe und Aufwand eine Vierung über Ort auszutragen, die, falls sie mathematisch genau ausfällt, als Abstand der beiden

letzten Quadrate den Wert  $\frac{10\sqrt{2}-10}{2} = 2,0710'$  liefert. Diesen irrationalen, um 3,5%

zu großen Wert habe der Architekt als das schlichte Maß 2' zu erkennen und 2' habe er schließlich für die Mauerstärke mit der Meßlatte genauso anzutragen, wie er für die Weite des Chores — ohne ein geometrisches Zeremoniell einzuhalten — mit der Meßlatte 20' angetragen hatte. Anders gesagt: Hoffstadt ist bereit, Irrationales und Rationales zu tauschen, um dem gotischen Architekten nahezulegen, eine unnütze Proportionsfigur an der Baustelle auszutragen. — (S. 176) „Auch hier zeigt es sich wieder ganz klar, daß das alte Manuskript [noch immer „des Chores Maß“] die geometrischen Verhältnisse nur kürzer durch Zahlen ausgedrückt hat, indem zwei Dritteile der Chorlichtweite zur Flügel-Lichtweite zu nehmen, nichts anderes heißt, als aus der Chorlichtweite die Diagonalen der einzelnen Flügelgewölbe zu bilden, ... mithin die Flügelgewölbe Quadrate sind und deren Diagonale der ganzen Chorlichtweite gleichkommt“. — In „des Chores Maß“ liest man: „Die Flügel, oder Abseiten, erhalten ihr Verhältnis ebenfalls aus der Weite des Chores, indem diese in drey gleiche Theile getheilt wird, von dem jeder Flügel zwey Theile erhält ...“. Dieser Weisung wird ein Unbefangener entnehmen, die Weite der Abseiten entspreche zwei Dritteln der zu 20' bzw. 30' angegebenen Weite des Chores, mithin 13'4" bzw. 20'. Hoffstadt aber ersetzt

das Verhältnis 3:2 durch das Verhältnis  $1:\frac{1}{\sqrt{2}}$ . Danach erhielten die Abseiten eine um 6% größere Weite als das Musterbuch angibt. Überdies würde dem gotischen Architekten derart nicht leicht gemacht, in den irrationalen Werten 14,1421' bzw. 21,2132' das Maß 13'4" bzw. 20' zu erkennen. Aber für Hoffstadt ist es „wieder ganz klar, daß das alte Manuskript die geometrischen Verhältnisse nur kürzer durch Zahlen ausgedrückt hat“.

W. Schultz 1891 (S. 14) „Die Architektur ist eine auf Zeichnung und zwar in erster Linie auf geometrischer Darstellung beruhende Kunst. Schon dieser Umstand weist darauf hin, daß auch die Bildung und Ordnung der Proportionen in der Baukunst

von vornherein auf geometrischem Wege erfolgt ist.“ — (S. 54) Analoge Baumaße differieren. „Es werden daher nicht übertrieben hohe Anforderungen an die Genauigkeit der Übereinstimmung zwischen den Messungsergebnissen und den mathematisch richtigen, beabsichtigten Abmessungen und Verhältnissen gestellt werden dürfen. Letztere sind bei der Bauausführung bereits durch Näherungswerte ersetzt, und nun kommen die unvermeidlichen Meßfehler hinzu“. — Folgt man dieser aus der irrational-rationalen Vertauschung konsequent abgeleiteten Anweisung, laufen alle weitergehenden Überlegungen über eine Einbahnstraße in das von der These bereits abgesteckte Ziel.

*Fritz Hoeber 1906* (S. 6) Das Prinzip der Proportionen „läßt sich eigentlich gar nicht in Zahlen wiedergeben, und wenn wir solche doch benützen, so muß man sich immer darüber klar sein, daß das nur ein ganz dürftiges Surrogat unseres Rationalismus ist“.

*Julius Haase 1917* (München S. 37, Anm. 15) „Da das Verhältnis von Basis zu Höhe des  $\pi/4$ -Dreiecks ein irrationales ist, das durch 1:1,207... nur annähernd ausgedrückt werden kann, muß zum Rechungsausgleich gegenüber den in Wirklichkeit durch geometrische Konstruktion, besonders bei grossen Längen, ermittelten Massen, das Rechnungsergebnis abwechselnd innerhalb eines Fusses nach oben oder unten abgeglichen werden“. — Daß der Architekt der Münchener Frauenkirche mit  $\pi/4$ -Dreiecken gearbeitet habe, steht demnach a priori fest. Folglich muß man die aus diesen Dreiecken hervorgegangenen irrationalen Maße mit Hilfe eines „Rechnungsausgleichs“ in rationale Maße verwandeln. Dies sieht dann so aus: (S. 30) „Rechnet man zu diesem Lichtmass [des Langhauses = 95'] jederseits die Stärke des Tragbogens der Aussenmauern  $95 + 1,5 \times 2 = 98$  Fuss, errichtet hierüber an der Ostseite der Westturmgruppe als Basis ein gleichseitiges Dreieck gegen Osten und führt in gleichem Sinn auf der Längsachse des Baues die Triangulatur dreimal durch, so liegt die Spitze des dritten Dreiecks auf der westlichen Innenseite des östlichen Mittelschiffbogens. Hierdurch wurde bei der Ausführung die Länge des Mittelschiffs... an Ort und Stelle durch genau abgemessene, gespannte Schnüre leicht und sicher bestimmt, rechnermässig ergibt sich  $98 \cdot 0,866 \dots \cdot 3 = 254,6 = \text{rd. } 255 \text{ Fuss}$ ... Die der Triangulatur zugrunde gelegte Grundlinie von 98 Fuss als Weite des dreischiffigen Teiles ist keineswegs willkürlich unter Annahme der Bogenleibung von  $1\frac{1}{2}$  Fuss gewählt worden, sondern ist unmittelbar aus dem Grundmass von 40 Fuss entwickelt worden, indem über der Basis von 40 Fuss... ein  $\pi/4$ -Dreieck errichtet und mit dessen Höhe = rd. 49 Fuss als Radius ein Halbkreis um den Fusspunkt der Höhe geschlagen wurde. Dieser Halbkreis schneidet auf dem Kirchenfussboden die genannte Weite von  $49 \cdot 2 = 98 \text{ Fuss}$  ab“. — Dazu die Kontrollen: 1.) Über dem 40' langen Grundmaß a sei ein  $\pi/4$ -Dreieck errichtet. Dessen

Höhe  $h = a \cdot \frac{\sqrt{2} + 1}{2}$ , hier  $40' \cdot 1,2071 = 48,2842'$  (Haase: „rund 49 Fuss“). 2.) Das Doppelte dieser Höhe ergibt die Breite des Langhauses, hier  $2 \cdot 48,2842' = 96,5685'$  (Haase: „98 Fuss“). 3.) Die Länge des Langhauses entspricht dem 3fachen der Höhe eines über der Breite des Langhauses errichteten  $\pi/3$ -Dreiecks, hier  $3 \cdot 96,5685' \cdot 0,8660 = 250,8918'$  (Haase: „= 254,5 = rd. 255 Fuss“). Man braucht die irrational-rationale Vertauschung nur 3mal vorzunehmen und jeweils mit dem eingetauschten Ergebnis weiterzurechnen, so stellt sich ein  $+ 4,10' = + 1,28 \text{ m}^{646}$  (+ 1,64 %) großer Fehler ein. — Ein zweites

<sup>646</sup> Haase rechnet den Fuß hier zu 31,15 cm.

Beispiel: (S. 37) „Nimmt man ... die Chorbasis von 40 Fuss als Grundlinie eines gleichseitigen Dreiecks und trianguliert vom Kirchenfußboden ausgehend zwischen den Pfeilerachsen des Mittelschiffs zweimal nach oben, so liegt die Basis des zweiten Dreiecks auf der gemeinsamen Kämpferhöhe der Gewölbe auf rd. 70 Fuss ... die Spitze des dritten gleichseitigen Dreiecks aber auf der Hauptgesimshöhe gleich Unterkante des Dachbinders; denn  $40 \cdot 0,866 \dots = 34,64 \dots$  rd. 35 Fuss und es ist daher  $35 \cdot 2 = 70$  Fuss; ferner  $35 \cdot 3 = 105$  Fuss ...“ — Dazu wieder die Kontrollen: 1.) Über dem 40' langen Grundmaß werde ein gleichseitiges Dreieck errichtet. Die 2fache Höhe dieses Dreiecks reiche bis zur Kämpferhöhe des Gewölbes.  $2 \cdot 40' \cdot 0,8660 = 69,2820'$  (Haase: „rd. 70 Fuss“). 2.) Die 3fache Höhe dieses Dreiecks reiche bis zur Hauptgesimshöhe.  $3 \cdot 40' \cdot 0,8660 = 103,9230'$  (Haase: „105 Fuss“). Differenz:  $-1,0770' = -0,33 \text{ m}$  ( $-1,04\%$ ). — Diese Differenzen sind nicht in unvermeidlichen Bau- und Meßungengenauigkeiten begründete Abweichungen der Istmaße von den Sollmaßen, diese „Toleranzen“ sind dem logischen Aufbau der These zugestandene Ungereimtheiten. Aber damit nicht genug: Nachdem Haase die irrationalen Maße gegen rationale Maße eingetauscht hat, unternimmt er mehrmals den Versuch (S. 48 f.), im Verhältnis der rationalisierten Maße das irrationale Verhältnis des goldenen Schnitts nachzuweisen. Mit Hilfe der in Folge der Vertauschungen in die Berechnung bereits eingeschleppten „Toleranz“ gelingt ihm dies zumeist erstaunlich gut. Wo es nicht gelingen will, tauscht er das Umgetauschte nochmals gegen besser Passendes: Nun liegt die Traufe 111' über dem Platz (auf S. 37 lag sie 105' über dem Kirchenfußboden, der seinerseits 5' höher lag als der Platz), das Lichtmaß der Strebepfeiler der Westfront mißt nun 31' (auf S. 44 waren es 30'), die Kämpferhöhe des Mittelschiffs mißt nun 71' (auf S. 37 waren es 70', seinerseits eingetauscht für 69,2820'). — Haase zusammenfassend: (S. 49) „Der Bau ist demnach in allen seinen Gliederungen und Abmessungen knapp und scharf eingespannt in ein festgeknüpftes Netz geometrischer und irrationaler Beziehungen.“

*Julius Haase 1919* (S. 15 f.) „Der alte Meister nahm ... als Grundlinie für die geometrisch-konstruktive Ermittlung seiner Abmessungen die Chorbasis, d. h. die lichte Weite des Chores ... Dabei ist es für die mittels der Triangulatur usw. ermittelten anderen Abmessungen des Baues zunächst ohne Bedeutung, nach welcher Maßeinheit diese Grundlinie oder die daraus abgeleiteten Längen einstmals gemessen wurden, da ja das Verhältnis derselben zur Chorbasis durch ein unmittelbares geometrisches Verfahren, mittels gespannter Schnüre am Bauplatz, d. h. am Bau selbst ... festgelegt wurde und dieses Verhältnis — genau genommen — ein irrationales ist. Trotzdem haben es, besonders bei kleineren Anlagen ... die alten Meister vielfach erreicht, ihre Hauptmaße in abgerundeten ganzen Zahlen ihres Werkmaßes (Fuß) zum Ausdruck zu bringen und zwar in Zahlen, die sich auf symbolischer Grundlage entwickeln ... es war daher notwendig, innerhalb eines halben Fußes auf- oder abzurunden“. — Ist  $a$  die Seitenlänge eines Quadrats,  $x$  die Seitenlänge des ihm einbeschriebenen Achtecks,

so ist  $x = \frac{a}{1 + \sqrt{2}}$  Gibt man also der Weite eines in 5 Seiten des Achtecks schließenden

Chores eine rationale Maßzahl, stellt sich für die Länge der Polygonseiten notwendigerweise ein irrationaler Wert heraus. Aber Haases „alte Meister“, die Fußzahlen auf symbolischer Grundlage gebrauchten, wußten es anders. Sie gaben (S. 27) einer Chorweite 21', da  $21 = 3 \cdot 3 \cdot 2 + 3$ , den zugehörigen Polygonseiten aber 9', da  $9 = 3 \cdot 3$ ; einer anderen Chorweite (S. 36) 15', da  $15 = 3 \cdot 5$ , den zugehörigen Polygonseiten aber 6', da  $6 = 3 \cdot 2$ .

*Ernst Mössel 1926* (S. 5) „Die arithmetischen Mittel, welche häufig zur Proportionierung gedient haben, sind als Ableitung aus der geometrischen Arbeitsweise zu verstehen. Diese ist die ursprüngliche. Die Zahlen und Zahlenreihen bedeuten eine für den handwerksmäßigen Gebrauch am Bauplatz und Werkstück eingerichtete Anpassung und Vereinfachung“. — (S. 110) „Schließlich könnten die geometrischen Konstruktionen durch einfache Zahlenverhältnisse ersetzt werden.“

*Ernst Mössel 1931* (S. 141) „Ein zweifellos sehr vielfach angewandtes handwerkliches Mittel war schließlich der Ersatz der Geometrie durch Zahlenreihen und einfache Zahlenverhältnisse... Wesentlich ist, daß die Bestimmungen von Maßverhältnissen durch Zahlenwerte — wenigstens ursprünglich — als bewußter Ersatz der Geometrie zu betrachten sind“.

*Walter Thomae 1933* (S. 12) „An dieser Stelle ist es ratsam, auf eine nahe Beziehung zwischen dem System der Quadrate und dem der gleichseitigen Dreiecke hinzuweisen, welche natürlichen (mathematischen) Ursprungs ist,... aber als Absicht oder gar Harmonie mißdeutet wird. Im gleichseitigen Dreieck ist nämlich die Höhe gleich  $a/2 \sqrt{3}$ , das Verhältnis  $h:a$  nahezu 7:8, mit einem Abzug von etwa 1 Prozent. Auf einer Papierfläche, wie sie unsere Publikationen aufweisen, und bei der verhältnismäßigen Dicke der Linien in unseren Federzeichnungen ist die Differenz wenig zu bemerken. Dies hat sowohl Einfluß auf die Triangulation der Aufrisse als der Grundrisse. Beim Übereinanderbau der Dreiecke... fällt selbstverständlich die Basis des vierten Dreiecks nahezu mit der Seite des siebenten Quadrats zusammen, das über der halben Basis  $a/2$  errichtet ist. Wird daher der kleine Fehler aus irgendeinem Grunde ignoriert..., so müssen zahlreiche Fixpunkte oder wenigstens Linien des Baues in beide Systeme zugleich fallen, so daß diesen Koinzidenzen jede Beweiskraft zugunsten des einen oder anderen fehlt“. —

*Theodor Fischer 1934* (S. 64) „So bestätigen wir gern die Angaben Dr. Mössels in seiner Kreisgeometrie, daß die mathematische Grundlage der Architektur in erster Linie geometrischer Art und erst im übertragenen Sinn und dann aber auch oft in Annäherungswerten ausgedrückt, arithmetischer Art gewesen sein müsse.“

*Otto Kloeppel 1935* (S. 44) „Es handelt sich... ausschließlich um die Anwendung gleichschenkliger Dreiecke, von denen die folgenden Arten immer wieder an den alten Bauten als vorherrschende Gestaltungsgrundlagen festzustellen sind...: 1. Das gleichschenklige Dreieck, dessen Scheitelwinkel  $\pi$ -Halbe =  $90^\circ$ . 2. Das gleichschenklige und zugleich gleichseitige Dreieck, dessen Scheitelwinkel gleich  $\pi$ -Drittel =  $60^\circ$ . 3. Das gleichschenklige Dreieck, dessen Höhe gleich seiner Basis gesetzt ist. 4. Das gleichschenklige Dreieck, dessen Scheitelwinkel gleich  $\pi$ -Viertel =  $45^\circ$ . 5. Das gleichschenklige Dreieck, dessen Scheitelwinkel  $\pi$ -Fünftel =  $36^\circ$ . In diesen fünf Dreiecken verhalten sich die Basen zu den Höhen, wenn man erstere gleich 1 setzt, wie  $1:\frac{1}{2}$ ,  $1:0,866$ ,  $1:1$ ,  $1:1,2$ ,  $1:1,5$ ... Wir sehen also, es handelt sich um ein gleichmäßig steigendes Verhältnis von Basis zur Höhe, das in vollständig rationalen Zahlen gegeben ist, sobald wir 0,866 als Annäherung an  $\frac{3}{4}$ , 1,2 als Annäherung  $1\frac{1}{4}$ , 1,732 ebenso an  $1\frac{1}{2}$  und 2,4 ebenso an  $2\frac{1}{2}$  nehmen. Dann haben wir nämlich in den fünf Dreiecken, wenn wir die Basis gleich 1 setzen, ein Verhältnis ihrer Basis zur Höhe wie  $1:\frac{1}{2}$ ,  $1:\frac{3}{4}$ ,  $1:1$ ,  $1:1\frac{1}{4}$ ,  $1:1\frac{1}{2}$ ...“ — (S. 46) „Nun wird immer behauptet, die Einführung der Dreiecksfiguren in die Maßfestsetzung der verschiedenen Kirchenrisse sei deswegen erfolgt, um irrationale Verhältniszahlen in sie hineinbringen zu können, wobei besonders auf

das Verhältnis  $2:\sqrt{3}$  zwischen Basis und Höhe im gleichseitigen Dreieck hingewiesen wird. Die Gegenüberstellung der üblichen zur Verwendung gekommenen Dreiecke zeigt aber doch eigentlich das Gegenteil. Läßt man die erwähnte Annäherung zu, so vermitteln uns die Dreiecke doch weiter nichts als eine sinnbildliche Verdeutlichung der einfachen und harmonischen Zahlenverhältnisse, die wir als die vernunftgemäße Grundlage aller Proportionierungen betrachten müssen. Und damit bestätigt sich unsere erste Vermutung, daß die Einführung geometrischer Formen bei der zeichnerischen Festsetzung der Maßgrundlagen der architektonischen Risse weiter keinen Grund hatte, als den zunächst arithmetisch festgesetzten Zahlenbeziehungen eine sinnliche Vorstellbarkeit zu verleihen, die aber nun zugleich die Möglichkeit gab, die gewünschten Verhältniszahlen nicht mehr berechnen zu müssen, sondern sie zeichnerisch konstruieren zu können... Man hat aus der über dieses Thema bestehenden modernen Literatur den Eindruck, daß es selbst den begeistertsten heutigen Verfechtern dieser mittelalterlichen Geheimkünste bisher nicht gelungen ist, ihr Rätsel zweifelsfrei zu lösen; denn bei ihnen habe ich über die Doppeltatsache, daß die verwendeten Dreiecke, sowohl die einfachen als auch die harmonischen, proportionale Zahlenreihen in sich schließen, nichts Eindeutiges entnehmen können, obgleich das doch ihre wirklich wichtige Eigenschaft bilden dürfte. Diese Unklarheit über das innerste Wesen der Triangulation ergibt nun bei den vielen Versuchen ihrer Anwendung an den verschiedenen alten Denkmälern ein entsprechend wirres Bild.“

*Wilhelm Funk* 1938 (S. 103) „Am weitesten von allen Forschern kam L. R. Spitzenfeil in Kulmbach. Durch A. v. Drachs Mitteilung angeregt, ging er dem Rätsel der rationalen Zahl als Ausdruck für das irrationale Maß nach und löste es in ebenso einfacher, wie überraschender Weise durch seine Näherungsreihen für die Wurzel aus 2, 3 und 5, die für die Mathematik ganz neue Erkenntnisse bringen.“ — (S. 111) „An diesem Irrationalen scheiterte die bisherige Forschung, bzw. ihre Wirkung auf die Kunstwissenschaft und praktische Auswertung an Neubauten. Mit diesen irrationalen Zahlen konnten sich weder die Kunstgeschichtler, noch die schaffenden Architekten befreunden; denn sie waren ihnen zu mathematisch oder zu unpraktisch. Hier haken nun die Näherungsreihen L. R. Spitzenfeils ein. Diese setzen an die Stelle der irrationalen Maßgrößen einfache und klar faßbare Ganzzahlen. Mathematisch und theoretisch genommen entsteht dadurch zwar ein Fehler. Dieser muß nur so klein sein, daß er für die Praxis keine Rolle spielt...“

*Ernst Mössel* 1938 (S. 456 f.) „An Stelle der rein geometrischen Verhältnisse haben ... nicht selten einfache Zahlenverhältnisse gedient. Sie müssen ... in der Regel als annähernde Wiedergabe geometrischer Verhältnisse verstanden werden“<sup>647</sup>.

*Otto Kletzl* 1944 (S. 134 f.) „... Maße und Proportionen..., die aus dem Grundmaß mit Hilfe wiederholter Triangulationen abgeleitet worden sind. Erst so abgeleitete Maße wurden dann für die Detailarbeit der Steinmetzen und Laubhauer in Fuß-, bzw. Werkschuheinheiten ausgedrückt“.

*Ernst Gall* 1950 (S. 100 und Abb. 2) Der Grundriß der Trierer Liebfrauenkirche sei nach einer Vierung über Ort gebildet. In dieser Figur messe die Seitenlänge der Quadrate 17,5', 25', 35', 50' 70', 100, und 140'. — Die geometrische Reihe lautet jedoch  $1, \sqrt{2}, 2, 2\sqrt{2}$  usw., hier also 17,5', 24,7487', 35', 49,4974', 70', 98,9949', 140'.

<sup>647</sup> Im gleichen Sinne S. 39 f. und 70

*Alfons Kiene 1950* Wie seit den alten Griechen bekannt, stehen in der Tonleiter die Schwingungszahlen der Töne zu einander in harmonischen Verhältnissen. Nun soll dasselbe für die Wellenlängen der Spektralfarben, für die bei Alberti genannten Maßzahlen, für die Moduli der Säulenordnungen, die Scheitelwinkel der Triangulationsdreiecke und, sobald deren Höhe gleich 1 gesetzt wird, auch für deren Basislängen gelten. — (S. 30) „Die Ungenauigkeit der errechneten Verhältnisse beträgt gegenüber den musikalischen Verhältnissen 1,6 % und 2 %. Sie ist also so gering, daß sie vernachlässigt werden darf. Dieser kleine Fehler erklärt sich daraus daß die Baumeister auf das starre System der festliegenden Winkel angewiesen waren“.

*Franz Geiger 1952* (S. 23) „Die Übertragung des geometrisch bestimmten Wertes in Schuhmaße enthält eine Fehlerquelle, wenn auch die Arbeit mit der Schnur ihrerseits Fehler nicht ausschließt“. — Zwischen diesen beiden Fehlern besteht allerdings ein wesentlicher Unterschied: Der zweite ist in der banalen und zugleich leidigen Tatsache begründet, daß es nicht möglich ist, an der Baustelle mit mathematischer Genauigkeit vorzugehen, der erste ist ein Konstruktionsfehler der Hypothese, der auf die Richtung und schließlich auf das Ergebnis der Argumentation entscheidenden Einfluß hat.

*Wilhelm Funk 1955* (S. 18 f.) „Für die Kunst ist... irrationales Maß nur erwünscht, allein für seine Berechnung in der Praxis ergeben sich Schwierigkeiten. Wollten die Maßforscher, wie etwa Mössel, das Maß mathematisch genau nachweisen, so mußten sie dazu den ganzen Formelapparat der neueren Mathematik aufbieten. Diese Methode entsprach aber weder den praktischen, noch den geschichtlichen Gegebenheiten. Es war deshalb noch herauszufinden, wie die alten Meister das Maß ihres Schlüsselverfahrens ausdrückten. Sie konnten es nur durch einfache „rationale“ Zahlen angeben haben, die aber dem irrationalen Maß möglichst nahe kommen mußten“.

*Edgar Wedepohl 1967* (S. 251) „Die Zahl ist die Aussprechbarkeit des Maßes. Die Schwierigkeit sind dabei die inkommensurablen Maßverhältnisse. Sie wurden durch Annäherungsformeln überwunden, die für den praktischen Gebrauch genau genug waren. Die intolerante Exaktheit war der Antike und dem Mittelalter fremd. Sie ließen das Ungefähr zu, das Spielmaß, welches ohne Gefahr hingenommen werden konnte“.

An der Behauptung, das mit der Meßlatte dargestellte rationale Vielfache der Maßeinheit sei dem einer Proportionsfigur entnommenen irrationalen Vielfachen der Maßeinheit gleichzusetzen, hat man nicht dem Herkommen zu Liebe festgehalten, sondern einem in der These begründeten Zwang gehorchend: Daß man im Bauwesen zu allen Zeiten in Maßeinheiten gemessen und Maße in benannten Zahlen angegeben habe, ist nicht zu bestreiten. Sobald man dies einmal zugab, sah man sich seit Cesariano — wenn die Proportionierung im Recht bleiben wollte — unvermeidlich gezwungen, die aus einer Proportionsfigur hervorgehenden irrationalen Werte den mit der Meßlatte angegebenen rationalen Werten gleichzusetzen. Mit dieser Gleichsetzung war die geometrische Proportionierung mit der arithmetischen Bemessung identifiziert. Nun, da die Alternative ausschied, war nicht mehr möglich, zwischen den einander entgegenstehenden Verfahren zu unterscheiden. Nun blieb jedem weiterführenden Argument die einzige Wahl, das vorgefaßte Urteil zu bestätigen.

Die Behauptung, Rationales und Irrationales seien nach Belieben zu tauschen,

bietet demnach der These zwei unschätzbare Vorteile: Zum einen beweist sich die These mit Hilfe dieser Behauptung ohne viel Zutun fast von alleine. Zum andern bietet diese Behauptung der These einen erdenklich sicheren Schutz gegen jeden Versuch, Proportionierung und Bemessung als Alternative zu sehen und in dieser Alternative eine Entscheidung — womöglich zu Ungunsten der These — zu treffen.

### VIII. Die Maßeinheit

Mehr als einmal hat man versucht, die in Metern und Zentimetern genommenen Maße eines gotischen Bauwerks in einem alten Fußmaß anzugeben.

Soundsoviele Meter und Zentimeter in das entsprechende Vielfache einer anderen Maßeinheit zu übersetzen, macht keine Schwierigkeit, was den Rechengang angeht. Aber hier ist Adam Riese nicht alleine zuständig. Dies aus mehreren Gründen:

Zum einen: Setzen wir voraus, eine bestimmte Strecke, deren Länge in einer anderen Maßeinheit ausgedrückt werden soll, sei durch keinerlei Deformierungen des Bauwerks verändert und sei mit der erdenklichsten Sorgfalt gemessen. Auch unter dieser Voraussetzung ist das Baumaß mit dem an der Baustelle einstens aufgegebenen Sollmaß nicht identisch, vielmehr ist das Baumaß durch die Ungenauigkeit der Bauausführung verkleinert oder vergrößert. Dem Baumaß ist aber nicht anzusehen, in welcher Größe eine positive oder negative Korrektur anzubringen wäre. Vom Sollmaß, nicht vom Baumaß, ist jedoch auszugehen, wenn das zutreffende Vielfache der an der Baustelle aufgegebenen Maßeinheit zu ermitteln ist.

Zum anderen: Die Größe der alten Maßeinheiten ist nicht oder wenigstens nicht zuverlässig bekannt, denn die in unseren Nachschlagewerken benannten „alten“ Maßeinheiten sind erst im späteren 18. oder im frühen 19. Jh. definiert worden. Solche Definitionen unbesehen auf ein gotisches Bauwerk anzuwenden heißt, seit dem Mittelalter alle jene Vorkehrungen als getroffen und wirksam voranzusetzen, welche die Konstanz der Maßeinheiten heute gewährleisten.

Weiter: Unsere Nachschlagewerke bieten von den einstens gebräuchlichen Maßeinheiten nur eine Auswahl<sup>648</sup>.

Schließlich: In jedem Gemeinwesen waren außer dem Fuß (Schuh) auch größere Längeneinheiten in Gebrauch, so die Elle als Schnittwarenmaß der

<sup>648</sup> Die Commission des poids et mesures und die preußische Eichungskommission haben an der Mosel in 28 Orten nahezu ebensoviel zwischen 56,52 und 67,61 cm große Ellen festgestellt, von denen die wenigsten in ein Nachschlagewerk übergingen (K. LAMPRECHT, Deutsches Wirtschaftsleben im Mittelalter, Leipzig 1885, Bd. 2, S. 495 und 506). Ein gleiches gilt für die um 1800 in Baden geläufigen Maßeinheiten. Wie aus einer im Mathematisch-Physikalischen Salon des Dresdener Zwingers aufbewahrten Zusammenstellung hervorgeht, waren hier 112 Ellen, 92 Flächenmaße, 65 Holzmaße, 163 Getreidemaße, 123 Ohme und Eimer, 63 Schenkmaße und 80 Pfunde nebeneinander in Gebrauch (ALBERTI 1957, S. 56).

Kaufleute. In Italien war die Elle (braccio) vielfach auch die Maßeinheit des Bauwesens, in Deutschland nur selten. In deutschen Städten waren dafür der Stadtfuß gelegentlich mit dem Baufuß nicht identisch<sup>648a</sup>.

Nach alledem wird man eine den Nachschlagwerken entnommene „alte“ Maßeinheit nicht unbesehen mit der an einer Baustelle des Mittelalters gebrauchten Maßeinheit gleichsetzen dürfen.

Nun zum Ausgangspunkt zurück.

Das in Metern und Zentimetern bekannte Baumaß als Produkt von alter Maßeinheit und Maßzahl auszudrücken ist, was die Rechnung angeht, nicht schwierig. Auszugehen ist aber nicht vom Baumaß, sondern von dem ihm zu Grunde liegenden, uns jedoch unbekannten Sollmaß<sup>649</sup>. Der eine Faktor des dem Sollmaß entsprechenden Produktes, die Größe der Maßeinheit, ist bestenfalls seiner Größenordnung nach bekannt; der andere Faktor, die Maßzahl, ist unbekannt. Wie soll man da zu einem Ergebnis kommen?

Man hat sich die Sache leicht gemacht, indem man zunächst das Baumaß mit dem Sollmaß identifizierte und danach entweder die zweifelhafte Größe (die Maßeinheit), oder die unbekannte Größe (die Maßzahl), als bekannt ausgab. So kam man mit Adam Rieses Hilfe zu Maßzahlen bzw. zu Maßeinheiten, die man als zutreffend einfach deswegen ansehen durfte, weil sie aus anerkannten Rechenregeln hervorgegangen und auf andere Weise nicht nachzuprüfen waren.

#### A. Die Ermittlung der Maßzahl aus der als bekannt vorausgesetzten Maßeinheit

*Sulpiz Boisserée* 1823 (I, S. 18 f.) „Zum Maaß nahm er (der Baumeister der kölnischen Domkirche) den damals sehr gebräuchlichen zehnzölligen römischen Fuß, welcher gleich ist: 130 Linien des alten französischen Fußes . . . Dem Hauptgang gab er von Mitte zu Mitte fünfzig Fuß, und jedem der Nebengänge die Hälfte, so daß das Ganze die dreifache . . . Breite des Hauptganges erhielt. In der Länge machte der Meister die Säulenstellung von Mitte zu Mitte, auch halb so weit wie die Breite des Hauptganges, welche er als Grundmaaß für das Ganze angenommen zu haben scheint“. — Boisserée übersetzt Baumaße des Kölner Domes in runde Vielfache einer als bekannt vorausgesetzten Maßeinheit. Stellen wir diesen Übersetzungen die entsprechenden Baumaße gegenüber<sup>650</sup>:

<sup>648a</sup> So in Fulda, Heidelberg, Leipzig, Nürnberg und Oldenburg (NOBACK 1851, S. 278, 358, 481, 778).

<sup>649</sup> Wer Baumaße durch ein „altes“ Fußmaß dividiert, wird in aller Regel irrationale Maßzahlen erhalten. Wer Baumaße durch das zutreffende, diesem Bauwerk tatsächlich zu Grunde liegende Fußmaß dividiert, wird ausnahmslos irrationale Maßzahlen einfach deswegen erhalten, weil die Baumaße mit den Sollmaßen nicht identisch sind. WITZEL (1914, S. 12) sah diese irrationalen Werte jedoch in den Proportionsfiguren begründet: Das Verhältnis von Basis und Höhe im gleichseitigen Dreieck „wird nie eine gerade Zahl ergeben und bei Bauten, bei denen zueinander senkrechte Dimensionen sich nicht auf arithmetischem Wege, d. h. in geraden Zahlen, ausdrücken lassen, kann man sofort schließen, daß hier geometrisch verfahren wurde und daß wahrscheinlich Triangulation vorliegt“. Die sonstige — auch von Witzel — zum Vorteil der These extensiv in Anspruch genommene „Toleranz“ wird hier, wiederum zum Vorteil der These, mit keinem Quentchen zugelassen. Den Adepten der Proportionierung scheint jede Beweisführung willkommen zu sein — vorausgesetzt, sie laufe auf die Proportionierung hinaus.

<sup>650</sup> Die hier genannten Baumaße entsprechen den bezifferten Angaben des von der Kölner Dombauhütte 1945 vermessenen Domgrundrisses und einigen ergänzenden Messungen, die Herr Dipl.-Ing. v. Osterhausen durchführte. Wo für analoge Abmessungen mehrere Maßzahlen bekannt waren, wurde deren algebraisches Mittel benützt. Herrn Dombaumeister Prof. Dr. Weyres und Herrn Dr. Wolff sei für Ihr Entgegenkommen auch an dieser Stelle gedankt.



	Boisserée		Baumaß	Diff.
	Fuß	m	m	cm
<i>Quermaße</i>				
Mittelschiff i. A.	50'	14,66	14,88	+22
innere Seitenschiffe i. A.	25'	7,33	8,15	+82
äußere Seitenschiffe von den Pfeilerachsen bis zur inneren Mauerflucht	25'	7,33	7,04	—29
<i>Jochmaße</i>				
im Langchor	25'	7,33	7,39	+ 6
im Langhaus (ohne das kürzere Westjoch)	25'	7,33	7,72	+39

Die Differenzen zwischen den Baumaßen auf der einen und den Produkten aus Fußzahl und Maßeinheit auf der anderen Seite sind derart, daß entweder die Fußzahlen oder die Maßeinheit oder beide irrig sein müssen. Gleichwohl findet man noch in der jüngeren Literatur die Mitteilung, der Grundriß des Kölner Domes sei nach einem quadratischen, 50' bzw. 25' weiten Raster ausgetragen<sup>651</sup>. —

Ernst Mössel 1926 (S. 20) „Ich verfare bei der mutmaßlichen Aufdeckung der Grundmaße in folgender Weise. Das Einheitsmaß, z. B. eine Elle von 0,527 m, ein Fußmaß von 0,318 m, wird angenommen und danach ermittelt, welche Beträge sich unter dieser Annahme für die einzelnen Abmessungen, also insbesondere für Länge und Breite, ergeben. Die angenommenen Einheitsmaße beanspruchen aber zunächst keine weitere Geltung. Von den Einheitsmaßen, welche die archäologische Forschung bisher als wahrscheinlich aufgestellt hat, weichen diese Ergebnisse mitunter ab. Immerhin dürfte es wahrscheinlich erscheinen, daß auf diesem Wege auch für die Frage der Einheitsmaße manche Einsicht gewonnen, manche bereits gewonnene gesichert wird“. — Wie eine jeder Begründung ihrer Voraussetzungen und jeder Prüfung ihrer Folgerungen entbehrende Annahme, sobald sie anderswie erzielten Ergebnissen folgt oder entgegensteht, zu neuen Einsichten führen könne, bleibt offen.

Bartholomäus Hanftmann 1930 (S. 233) „Alexandrinisch fortgeerbt ist ... vom 9. bis ins 13. Jh. ... der von den Benediktinern während der gesamten angegebenen Zeit gebrauchte Einheitsfuß zu 0,3329 m. Er galt vom Mittelmeer bis in die Nordländer (Skandinavien, England)“. — (S. 246) „Daß sich die Methode ... nicht auf die Zahl im streng mathematischen Sinne ... beschränken kann, leuchtet ohne weiteres ein. Die erweiterte Ausdeutung geschieht durch Bildung von Summen, Produkten, Teilungen, additive und subtraktive Kombinationen aller Art ... Solcher Nutzung mußten immer weniger Zahlen entgegen, je länger die Methode geübt und auf Abwechslung, auf Erfindungsheiß angestrengt wurde“. — (S. 242) „Nur ganz selten gelten glatte Fußzahlen für Mauerstärken und Öffnungen, sie sind durchweg der Hauptfigurierung unterworfen, und da sie meist sehr genau mit der Berechnungsprobe stimmen, muß ihre Einrichtung mit Latten und Lehren, die Herausteilung aus Gesamtmaßen und Achsen den Bauleitern große Arbeit gemacht haben“. — Eine von der Antike bis ins 13. Jh. auf den Zehntelmillimeter konstant gehaltene Maßeinheit mit den

<sup>651</sup> F. KUGLER, Geschichte der Baukunst, Stuttgart 1859, S. 217. — E. PAULUS, Die Maßverhältnisse in der Baukunst, in: Württ. Jahrbücher für Statistik und Landeskunde 1878, Stuttgart 1879, S. 188. — R. DOHME, Geschichte der deutschen Baukunst, Berlin 1887, S. 217. — Haase 1911—1919, VII, S. 129. — CLEMEN 1937, S. 130.

Abmessungen eines mittelalterlichen Bauwerks in Verbindung zu bringen wird stets gelingen, wenn Zahlenkombinationen und Rechenoperationen auf Erfindungsehrgeiz angestrengt werden.

*Herwig Spiess 1959* (S. 6) „Aus bisherigen Abhandlungen über diese Frage ergibt sich übereinstimmend, daß zwei verschiedene Verfahren angewandt worden sein können: die Messung mit der Maßeinheit und die mit geometrischen Figurationen“. — (S. 14 f.) „Die folgende Tabelle führt eine Reihe von kleineren Maßen auf, die in Eberbach als Mauer- und Pfeilerstärken, Anschlagmaße u. a. vorkommen. Sie werden verglichen mit den in Frage kommenden Maßeinheiten, dem römischen Fuß von 0,2957, dem karolingischen Fuß von 0,3329, dem rheinischen Fuß von 0,314 und dem Königsfuß von 0,3248 m... Die Tabelle läßt erkennen, daß der römische Fuß unter den angeführten Maßeinheiten die beste Übereinstimmung zeigt. Diese Tatsache wurde auch am Bau dadurch bestätigt, daß der nach römischem Fuß eingeteilte Zollstock bei Maßen dieser Größenordnung [0,29 bis 2,10 m] immer wieder in ganzen Einheiten oder glatten Bruchteilen abgelesen werden konnte... Übliche Maßeinheit in Eberbach war also der römische Fuß... Die Hauptabmessungen aber müssen auf ein geometrisches System zurückzuführen sein“. — Unter vier vorgegebenen Maßeinheiten entschied sich Spiess für den römischen Fuß, mit dessen Hilfe sich die Lichtmaße der „schlichten“ Türen in ganzen — einige Male um Viertel vergrößerten — Fußzahlen bei einer Bauungenauigkeit von  $\pm 3$  cm wiedergeben lassen. Nun nennt Spiess nahezu 100 bis etwa 11 m reichende Baumaße. Aus diesen Baumaßen läßt sich eine etwa 29,99 cm große Maßeinheit ableiten. In ihr sind nicht nur Kleinmaße, sondern alle genannten Baumaße in ganzen — einige Male wieder um Viertel vergrößerten — Fußzahlen auszudrücken. So lauten z. B. die Quermaße des Langhauses: Mittelschiff i. L. 30', Breite der Pfeiler 4', Seitenschiffe i. L. 16'9", Stärke der Abseitenmauern 4'3", Breite des Langhauses zwischen den Außenfluchten 80', dazu die Länge der Langhauspfeiler 5'6", die Länge der westlichen Vierungspfeiler 7', die Pfeilerhöhe 16'6', die Höhe der Gewölbekämpfer im Mittelschiff 35' usw. Bei dieser Umrechnung beträgt die Differenz zwischen den Thesenmaßen und den Baumaßen maximal  $\pm 5$  cm; für annähernd 90% der Baumaße liegt die Differenz innerhalb  $\pm 3$  cm, für 70% innerhalb  $\pm 2$  cm.

## B. Die Ermittlung der Maßeinheit aus der als bekannt vorausgesetzten Maßzahl

*Bernhard Grueber 1839—1841* (II, S. 37) Die wesentlichen Baumaße der Elisabethkirche zu Marburg seien von 18' zu 18' gestaffelt. Danach scheint „man habe sich hier eines kleineren Fußmasses... bedient nach welchem das Grundmas 20' hielte, da die Dezimaltheilung sich durch das Fünfeck im Chorschlusse, durch die fünf Säulen im Schiffe und auch in allen Details ausspricht“.

*Alhard v. Drach 1897* (S. 7 f.) „... ein Messen mit Maßstäben kam nur zur Anwendung, wo nicht geometrisch construirte, sondern arithmetisch festgesetzte Längen erscheinen, also insbesondere bei allen fundamentalen Linien, welche Triangulationen und sonstige Constructionen als Basis dienen. Selbstverständlich ist es, daß für solche Strecken die Maßzahl immer ganz sein wird und überdies meist von der Art, daß auch bei Halbierung, Drittelung usw. ganzzahlige Resultate entstehen. Demgemäß wird man für einen Bau, dessen Triangulationsverhältnisse zu erforschen sind, die aus anderen Rücksichten als grundlegende vermutheten Längen auch noch bezüglich des Ausdrucks

ihres Maßes in den dabei möglicherweise in Betracht kommenden Längeneinheiten zu prüfen haben. (Anm. Allzu rigorose Ansprüche dürfen hierbei wohl nicht gemacht werden, einmal weil im Allgemeinen die alten Maße nicht genau genug bekannt sind, dann weil auch für den Fall, daß zufällig die betr. Einheit irgendwo festgestellt wäre, daraus noch nicht folgt, daß an einem anderen Orte sich die Bauleute einer ganz genauen Copie davon bedient hätten, und endlich, weil vermuthlich im Mittelalter überhaupt nicht mit übermäßiger Präcision verfahren wurde). — Jeder Proportionsbegriffene — man erinnere sich nochmals der Proportionierungen des Freiburger Münsterturms — findet sein Grundmaß dort, wo es ihm passend erscheint. Aus welchen Gründen die Maßzahl eines jeden Grundmaßes „selbstverständlich“ ganzzahlig sei und weshalb diese Maßzahl bei Halbierung, Drittelung usw. ebenfalls ganzzahlige Resultate liefern müsse, bleibt offen. Mit einer derart hypothetisch begründeten Maßzahl läßt sich nahezu jede Maßeinheit mit einem Grundmaß verbinden, wenn vorausgesetzt wird, daß „allzu rigorose Ansprüche... hierbei wohl nicht gemacht werden“ dürfen, da „vermuthlich im Mittelalter überhaupt nicht mit übermäßiger Präcision verfahren wurde“.

*Johann Knauth* 1908 (S. 20) „Die Ergebnisse meiner Untersuchungen am Langhaus des Straßburger Münsters kann ich kurz dahin zusammenfassen: Die sämtlichen charakteristischen architektonischen Punkte sind nach bestimmten geometrischen Verhältnissen verteilt, und zwar zeigen die verschiedenen Projektionen, also Grundriß sowohl wie die Aufrisse, stets das Zurückgehen auf dieselbe einfache geometrische Grundform. Diese Grundform ist in ihrem Prinzip das Quadrat mit dem eingezeichneten Dreieck, einem Dreieck, welches also mit dem Quadrat gleiche Grundlinie und Höhe hat... Mit Hilfe dieser Grundfigur ermitteln sich nach gewissen Regeln die Abmessungen der sämtlichen Einzelheiten und zwar von den kleinsten Gebilden bis zur Gesamtanlage... Das System ist ein geometrisches, steht jedoch infolge seiner Eigentümlichkeit an der Grenze des arithmetischen, des einfachen Zahlensystems. Es ist dies begründet in der durch die Schnittpunkte der Systemlinien unter sich entstehenden einfachen rationalen Teilungen“. Bereits Serlio benützte ein Quadrat samt dem ihm einbeschriebenen Dreieck, um die Weite und Höhe einer Türe in Dritteln der Quadratsseite anzugeben (Abb. 75 a). Diese auch von Rivius und von Dietterlin für gut befundene Figur<sup>632</sup> hat Knauth soweit vervollständigt, daß sie außer der 3teilung auch die 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 10teilung zu liefern vermag (Knauth 1908, Abb. 7-17, hier Abb. 75 b). In die durch 10teilung der Breite und Höhe des Grundquadrats gewonnenen Teilquadrate läßt sich die Figur der 10teilung nochmals eintragen. So ist die Seitenlänge des Grundquadrats in 100 Teile zerlegt. Aus dieser Teilung gehen Fluchten oder Achsen der Hochschiff- oder Seitenschiffmauern des Straßburger Langhauses so wenig hervor wie die im östlichen und im westlichen Abschnitt des Langhauses unterschiedlich großen Jochmaße. — (S. 46) „Bei meinen Erläuterungen der Anwendung der Quadratur am Langhaus unseres Münsters war ich vom lichten Querschnitt ausgegangen, für welchen ich die Zahl von 100 Einheiten angenommen hatte. Das lichte Maß des Querschnitts zwischen den Konstruktionslinien der Quadratur beträgt im Mittel 35,53 m, auf eine Einheit würden also 0,3553 m entfallen... Dasselbe (Grundmaß) stimmt in keiner Weise mit irgend einem der heute oder früher bekannten Fußmaße überein,

<sup>632</sup> RIVIVS 1548, Bl. 153 derselbe 1558, III; Bl. 19; DIETTERLIN 1598, Buch I, Bl. 23.

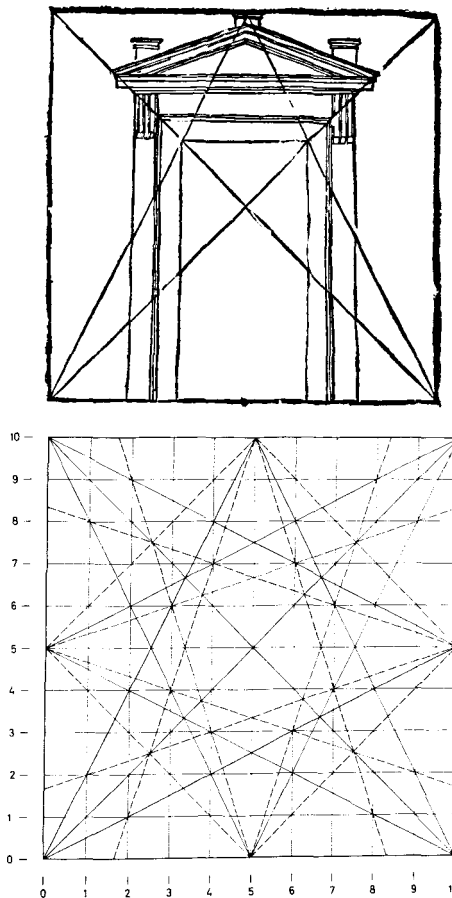


Abb. 75. Teilung des Quadrats a. nach Serlio b. nach Knauth.

auch nicht mit dem Einheitsmaß der Pyramide des Cheops. Ein anderes Resultat erhalten wir aber, wenn wir den bereits ausgesprochenen Gedanken verfolgen, daß die alten Meister bei der Aufzeichnung ihrer Grundfigur nicht von der Quadratseite, sondern von der Seite des Dreiecks im Quadrat ausgegangen sind... Das lichte Maß des Querschnitts von 35,53 m also Quadratseite... ergibt für die Dreiecksseite... 31,78 m oder genau 50 Pyramidenmeter... [(S. 42): Nach Piazza Smyth mißt der „Pyramidenmeter“ 0,6356 m]... Die Tatsache des Systems der Quadratur vorausgesetzt, ist man also wohl berechtigt, das Einheitsmaß beim Langschiff unseres Münsters mit 0,6356 m (oder mit der Hälfte hiervon 0,3178 m) anzunehmen. Dieses Einheitsmaß stimmt auffallender Weise absolut mit demjenigen der Pyramide des Cheops überein... — Zur Kontrolle: In das 35,53 m große Grundquadrat sei ein gleichschenkliges Dreieck einbe-

schrieben, dessen Katheten genau 50 „Pyramidenmeter“ lang sein sollen. Im Quadrat-dreieck verhalten sich Basis: Kathete wie  $1\frac{1}{2} \sqrt{5}$ , hier  $35,53 \text{ m} \cdot \frac{1}{2} \sqrt{5} = 39,72 \text{ m}$ . Da-gegen 50 „Pyramidenmeter“ =  $50 \cdot 0,6356 \text{ m} = 31,78 \text{ m}$ . Diff.:  $39,72 - 31,78 = + 7,94 \text{ m}$ .

*Julius Haase 1917* (München S. 29) „Es möge... gestattet sein, darauf hinzu-weisen, dass der mittelalterlich-gotische Baumeister... von einem Grundmass ausging, das allgemein als „Chorbasis“ bezeichnet wird... Die Länge dieser Chorbasis... stand... unter dem Einfluss symbolischer Massbestimmungen, bei denen hauptsächlich die heiligen Zahlen 3, 5, 7 und ihre Vielfachen berücksichtigt wurden. Diese Beziehun-gen treten natürlich nur dann deutlich in die Erscheinung, wenn die Länge der Chor-basis, wie überhaupt alle Masse des Bauwerks, in dem Einheitsmasse ausgedrückt werden, das beim Neubau angewendet wurde“. — (S. 49) „Auch mit der eigentüm-lichen Art, den Hauptabmessungen durchweg die Zahl „5“ als Faktor und Summand zugrunde zu legen, fügt sich die Frauenkirche völlig in die mittelalterliche Uebung ein, die nur insofern wechselt, als für eine solche grundlegende Zahl auch die „3“, „6“ und „7“ gewählt wird. So hat die Salvatorkirche die Zahl „7“ wie der Dom zu Köln als Grundzahl...“ — Für die Münchener Frauenkirche ermittelte Haase  $1' = 31,15 \text{ cm}$ , für die Münchener Salvatorkirche  $1' = 27,62 \text{ cm}$ . Sollte dieselbe Hütte, die den einen und anschließend den anderen Bau errichtet hat, mit zweierlei Maß gemessen haben? Von den „heiligen“ Zahlen 3, 5, 6, 7, 10, 12 und 13 ausgehend<sup>653</sup> hat Haase passend erscheinende Summen und — oder — Produkte wie bekannte Größen in seine Rechnung eingeführt<sup>654</sup>.

*Bernhard Kofmann 1925* (S. 2) „Die Zisterzienserklöster weisen bezüglich der Klostergebäude und deren Lage zueinander weitgehende Übereinstimmung auf... Es lag nahe, bei verschiedenen — in größerem Maßstabe veröffentlichten — Kloster-grundrissen, unter Zugrundelegung von allerhand „Fuß-Maßen“ nach möglichst ein-fachen Zahlen für die Planverhältnisse zwischen Gebäuden, Höfen, Kirche usw. zu suchen; doch führte dieser Weg zu keinem befriedigenden Ergebnis... Hiernach drängte sich die Erwägung auf, daß... eine gebundene Maßordnung... vorhanden gewesen sein könnte“. — Einem auf einer Buchseite — also kaum in „größerem Maß-stab“ — veröffentlichtem Lageplan lassen sich Maßzahlen und Maßeinheit unmöglich entnehmen. Nach dem Fehlschlagen seiner ersten Bemühungen fragte Kofmann nicht nach der Tauglichkeit der Voraussetzungen, vielmehr suchte er nun nach einer „Maß-bestimmung“, die sich in Gestalt eines „Planschlüssels“ auch einstellte. Dieser lieferte die „große Einheit“. Sie ließ sich durch Produkte heiliger Zahlen dividieren. Das Er-gebnis dieser Operationen war die Größe etwaiger Maßeinheiten.

*Franz Geiger 1952* (S. 22) „Den Einfluß der Zahlen auf die Maßverfahren kann man freilich nur dann zuverlässig beurteilen, wenn man sich der Maßeinheit bedient, mit der die gotischen Baumeister gearbeitet haben... Die Hauptabmessungen, die in proportionale Beziehungen gesetzt werden, müssen demnach tunlichst auch ihrer Schuh-

<sup>653</sup> In der Proportionsliteratur ist von „heiligen Zahlen“ (oder von „Grundzahlen“) stets die Rede, wenn eine höhere Weihe das Ausbleiben einer sachlichen Begründung überdecken soll (STIEGLITZ 1820, S. 122; STIEGLITZ 1837, S. 15 ff., 535; HEIDELOFF 1849, I, S. 26 f.; KOSSMANN 1925, S. 21, 26, 33, 70; WANGART 1953, S. 226; SCHUBERT 1954, S. 360 f.; FRECKMANN 1965, S. 30). — Denselben Dienst tut das „Gold“. FRECKMANN (1965, S. 69, 79, 80, 90, 92, 125, 153, 155, 203; Anm. 205, 210) z. B. benützt die „goldene“ Triangulatur, den „goldenen“ Bogen, die „goldene“ Teilung, das „goldene“ Dreieck, den „goldenen“ Schlüssel und das „goldene“ Netz.

<sup>654</sup> Die wenigen Baumaße, die Haase hier nennt, lassen sich auf ein etwa 29,6 cm großes Fußmaß zurückführen. Um 1800 entsprach der Münchener Fuß noch etwa 29,2 cm.

bzw. Fußzahl nach festgelegt werden. Da überwiegend mit irrationalen Maßverhältnissen zu rechnen ist, ist nur beim Grundmaß... eine ganze Fußzahl zu erwarten. Sie kann symbolisch bestimmt oder ihrer Teilbarkeit wegen gewählt sein oder einer Zahlenreihe (Goldener Schnitt, Bauzahlreihe) angehören“.

*Josef Csemegi 1954* (S. 27) An einigen spätgotischen Wohnhäusern des Festungsviertels in Buda „... erkennt man die Verwendung von geometrischen, zum größten Teil quadratischen Netzen, aber nicht selten damit parallel oder mit ihnen vermischt, von arithmetischen Proportionszahlen, ja mit ihrer Hilfe lässt sich sogar auf die von den Steinmetzen verwendeten Maßeinheiten schließen“. — Um die Abmessungen einiger Türen und Fenster in Fußzahlen angeben zu können, benützte Csemegi (S. 28 f.) die Maßeinheiten: 25,0 cm, 27,6 cm, 28,2 cm, 29,8 cm, 32,1 cm, 33,3 cm und 35,2 cm. Die Anzahl der Maßeinheiten ist nahezu ebenso groß wie die Anzahl der genannten Baumaße. Wie soll man auf einer Baustelle zurechtkommen, wenn jeder Handwerker einen anders genormten Zollstock mitbringt? Dennoch glaubte Csemegi, es sei (S. 29) „... mit Sicherheit anzunehmen, dass bei entsprechendem Sammeln von Material ... auch das systematische Aufarbeiten der Längenmass-Einheiten im Dienste der Baugeschichte ermöglicht“ werde<sup>655</sup>.

*Felix Kreusch 1963* C. P. Bock hatte festgestellt<sup>656</sup>, der Umfang des Oktogons der Aachener Pfalzkapelle entspreche 144 drusianischen Fuß. Dieser Maßzahl wegen sah er im Aachener Oktogon eine bewußte Darstellung der Umwehrungsmauer der Himmelsstadt, von der die Apokalypse berichtet (XXI,17): Et mensus est murus eius centum quadraginta quatuor cubitorum mensura hominis, quae est angeli<sup>657</sup>. — Diesen Gedanken aufgreifend hat Kreusch frühchristliche Zentralbauten auf die apokalyptische Zahl 144 hin untersucht, unter ihnen S. Vitale in Ravenna. (S. 74)“ In ganzer Breite öffnet sich die Ostseite des Oktogons zweistöckig zum Chore. Bezeichnenderweise beträgt der übriggebliebene siebenseitige Umfang 144 byz. Fuß... Auch dieser Bau entspricht, unter der gegebenen Bedingung, daß das Oktogon nur auf sieben Seiten umbaut ist, dem biblischen Schema“. Die Summe der 7 Seitenlängen (S. 64 f.) beträgt 45,59 m, davon der 144. Teil = 31,65 cm. Der byzantinische Fuß (S. 77) entspricht 31,5 cm. Im rechnerischen Ergebnis bestätigt sich die These offenkundig. Eine weiterführende Frage: Wie kann man auf der Baustelle ein Achteck austragen, wenn 7 Seiten des Achtecks zusammen 144' lang sein sollen? Man könnte ausgehen von der Seitenlänge des Achtecks (144'7 = 20,5714') oder von der Seitenlänge des dieses Achteck umschreibenden Quadrats (20,5714'.  $(1 + \sqrt{2}) = 49,6638'$ ). So oder anders — Strecken nach irrationalen Maßzahlen an der Baustelle auszutragen ist wenig praktikabel. Läßt man dagegen die Maßzahl „144“ außer Spiel, richtet man sich vielmehr auf die im

<sup>655</sup> Hält man diesen Fenstern und Türen eine Baugenauigkeit von  $\pm 3$  cm zugute, lassen sich alle hier im Text und in den Abbildungen genannten Meterzahlen als ganze — auch um Viertel vergrößerte — Vielfache eines 31,04 cm großen Fußmaßes angeben.

<sup>656</sup> C. P. BOCK, Bericht über die baulichen Altertümer des Aachener Domes (vor 1843), vervielfältigt durch Msgr. E. Stephany nach einer Manuskriptabschrift im Domarchiv Aachen, S. 40 (KREUSCH 1963, S. 62, Anm. 3).

<sup>657</sup> Die Stelle lautet im Zusammenhang: „Der mit mir redete, hatte eine goldene Meßrute, um die Stadt, ihre Tore und die Mauer auszumessen ... und er maß mit der Rute die Stadt: 12 000 Stadien; die Länge, Breite und Höhe sind bei ihr ganz gleich. Er maß auch ihre Mauer: 144 Ellen dien; das Maß des Menschen, das auch des Engels ist.“ Der Umfang der Stadt mißt 12 000 Stadien. Mit 144 Ellen ist nicht wohl nochmals der Umfang der Stadt, sondern eher die Höhe der Stadtmauer angegeben. In der Zahl 144 scheint sich demnach der in Fuß benannte Umfang eines achteckigen Raumes mit der in Ellen benannten Mauerhöhe der Himmelsstadt zu treffen.

Grundriß von S. Vitale gegebenen Maßzahlen ein (Abb. 76)<sup>65a</sup>, stellt sich der Sachverhalt so dar:

	Ist	Fuß	Soll	Diff.
Achteck innen i. L.	15,75 m	50,0	15,76	+ 1 cm
Pfeilerstirn <sup>65b</sup>	0,635	2,0	0,63	—
Achteck gesamt i. l.	33,89	107,5	33,88	— 1
Strebepfeiler innen breit	0,96	3,0	0,95	— 1
Mauerstärke	0,95	3,0	0,95	—
Frontfeld	3,78	12,0	3,78	—
Zwischenpfeiler außen breit	0,96	3,0	0,95	— 1
Strebepfeiler außen breit	1,57	5,0	1,58	+ 1

Die Maßeinheit, mit deren Hilfe sich diese Baumaße innerhalb einer Bauungenauigkeit von  $\pm 1$  cm in einfache Fußzahlen übersetzen lassen, entspricht wie gesagt 31,52 cm. Kreusch nannte als byzantinisches Fußmaß 31,5 cm. Aus der Länge der 7 Achteckseiten und der apokalyptischen Maßzahl „144“ erhält der Fuß 31,65 cm. Die Größe der unter verschiedenen Voraussetzungen aus Baumaßen abgeleiteten Maßeinheiten differiert nur um 0,4%. Trotz dieses geringen, nach allgemeiner Meinung vernachlässigbar kleinen Unterschiedes ist entweder der Kernraum von S. Vitale unter der Voraussetzung, die Maßzahl 144 sei der Berechnung als bekannte Größe vorgegeben, als Abbild des himmlischen Jerusalem zu verstehen oder der Grundriß nicht nur des Kernraumes von S. Vitale läßt sich entsprechend den in Meter bekannten Abmessungen nach byzantinischen Fuß und Zoll an der Baustelle ohne Schwierigkeit austragen.

*Albrecht Kottmann 1967* Kottmann hat Baumaße einiger Hirsauer Bauten durch ihm jeweils passend erscheinende, in diesem Sinn als bekannt vorausgesetzte Maßzahlen dividiert und ist derart zu folgenden Maßeinheiten (Fuß) gelangt: Hirsau Kapitelsaal: 31,6 cm und 32,0 cm; Eulenturm: 33,2 cm. Komburg Torhalle: 30,5 cm, 30,7 cm, 30,9 cm, 31,1 cm, 31,5 cm, 31,7 cm und 32,0 cm; Sechseckkapelle: 35,0 cm, 35,4 cm und 35,6 cm. Auch hier haben die Bauleute offenbar jedes einzelne Maß mit einem anderen Zollstock angetragen.

*Luc Mojon 1967* (S. 40) Im Grundriß des Berner Münsters ist „Das Grundmaß ... von 10,92 m — wahrscheinlich 36 Schuh zu 0,3033 m — ... gleich der lichten Weite des Mittelschiffs und damit auch der des Chors und des Altarhauses“. — (S. 47, Anm. 6)“ Ensinger hat sich wohl des Bernschuhs bedient ... Die genaue Länge des im 15. Jahrhundert in Bern gebräuchlichen Schuhs ist freilich nicht bekannt ... Doch wird man nicht fehlgehen, wenn man 36 Schuh zu 30,33 cm annimmt und nicht etwa

<sup>65a</sup> Aus der Summe der von Kreusch genannten Seitenlängen des Achtecks berechnet sich die Weite des Achtecks zu  $\frac{45,59}{7} (1 + \sqrt{2}) = 15,72$  m. FRECKMANN (1965, S. 25) nennt für dasselbe Maß 15,75 m. — Die weiteren Baumaße nach Freckmann und nach einer Messung von cand. arch. R. Kurzweg.

<sup>65b</sup> Die Seitenlänge des 50' weiten Achtecks mißt  $\frac{50}{1 + \sqrt{2}} = 20,7106'$ . Die Weite des Altarhauses ist dieser Seitenlänge gleich, die Weite der Konchen ist ihr gegenüber um zwei Halbpfeiler ( $2 \cdot 2'$ ) vermindert:

	IST	FUSS	SOLL	DIFF.
Altarhaus	6,52 m	20,71'	6,53 m	+ 1 cm
Konchen	5,25 m	16,71'	5,27 m	+ 2 cm

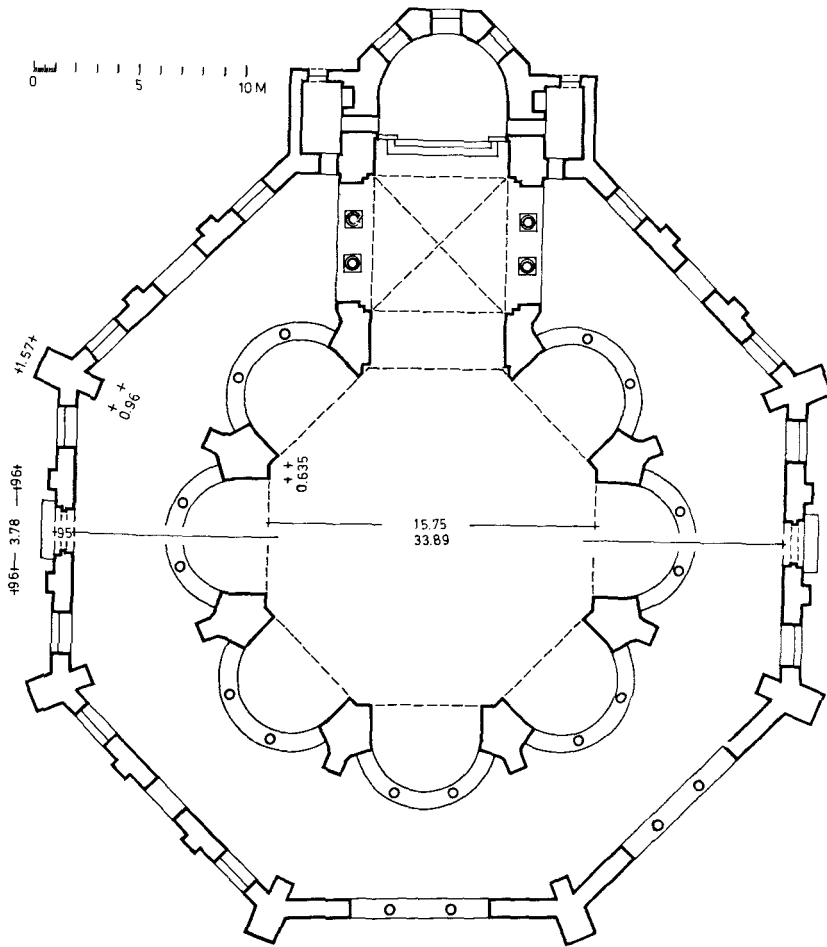


Abb. 76. Ravenna S. Vitale Grundriß.

35 Schuh zu 31,20 oder 37 Schuh zu 29,51 cm, da das Grundmaß der Stadtkirche von Burgdorf, deren Pläne weitgehend in der Berner Bauhütte entworfen worden sind, mit einiger Sicherheit 24 Schuh zu 31,16 cm beträgt, das heißt zwei Drittel von Bern, wiederum eine Zahl des Duodezimalsystems, das sowohl bei den maßstäblichen Rissen der Ensinger-Zeit vorherrscht (Maßstäbe 1:24, 1:36, 1:48, siehe Friedrich, Risse, passim.) als noch bei Lorenz Lacher (Maßstäbe 1:72 und 1:144, siehe Booz, S. 76). — Die uns fremd gewordenen Maßstäbe mittelalterlicher Bauzeichnungen begründen sich in dem praktikablen Vorgehen, am Bau mit dem „großen Schuh“, am Reißbrett für ihn stellvertretend mit dem „kleinen Schuh“, dem 12. Teil des „großen Schuh“, d. h. in



Zoll zu messen<sup>659a</sup>. So verhalten sich die Abmessungen der Zeichnung zu den Abmessungen der Wirklichkeit nach duodezimalen Zahlen, z. B. 1:12, 1:24, 1:36, 1:48. Aus dem Prinzip des maßstäblichen Zeichnens ist die Relation der Mittelschiffsbreiten zweier Bauten und aus dieser Relation ist die Maßzahl des Berner Mittelschiffs und aus ihr die Größe des Berner Fußes nicht wohl abzuleiten<sup>660</sup>.

Adolf Wangart 1972 (S. 20) „... Ulmer Münster. Dort findet sich eine fast langweilig anmutende, rasterartige Triangulation über einer Dreiecksbasis von 50 karolingischen Fuß (Plan 9), die restlos den ganzen Grundriß löst.“ — Im Plan 9 ist das Achsmaß des Mittelschiffs im 8./9. Joch zu 16,65 m angegeben.  $16,65:50 = 0,3329$  m. Im 10. Joch hat das Münsterbaumt dieses Achsmaß allerdings zu 17,19 m gemessen. Diff. = 0,54 m.

## D. Schluß

Das Sollmaß ist gleich dem Produkt aus Maßeinheit und Maßzahl. Das Sollmaß — nicht das Baumaß. Wie weit das Sollmaß durch die Bau- und Meßungenaugkeit im Positiven oder Negativen verstimmt wurde, wissen wir einstweilen nicht. Dieses Nichtwissen bietet der weiterführenden Überlegung drei Möglichkeiten:

1. Man kann die Größe der Bau- und Meßungenaugkeit gleich Null setzen, womit Baumaß und Sollmaß identisch werden. Dieses einschichtig gewordene Maß, durch eine aus diesen oder jenen Gründen für gut befundene Maßzahl dividiert, bringt die Maßeinheit hervor. Sie zu überprüfen, besteht keine Möglichkeit — es sei denn, man versuche, weitere ebenfalls einschichtig verstandene Maße in dieser Einheit auszudrücken. Unter der genannten Voraussetzung — Bau- und Meßungenaugkeit gleich Null — wird dies nicht gelingen. Daraus der Schluß: Nur dieses eine Maß — seiner Sonderstellung wegen als „Grundmaß“ bezeichnet — sei an der Baustelle als Vielfaches der Maßeinheit angetragen, alle weiteren Baumaße — die aus der Rechnung hervorgegangenen irrationalen

<sup>659a</sup> Filarete spricht von einem „... disegno lineato ... proportionato in forma picchola ... Per questo potrai intendere le misure grandi proportionate da queste picchole“. (W. OETTINGEN, Antonio Averlino Filarete's Traktat über die Baukunst, Wien 1890, S. 87, entsprechend S. 89 und 337). — Manetti berichtet, Brunellesco habe für das Fintelhaus „el disegno a punto misurato a braccia piccole“ geliefert und sei danach aufgefordert worden „che facesse o facesse fare un modello di legname a braccia piccole“ (A. MANETTI, Vita di Filippo di Ser Brunellesco, ed. E. Toesca, Florenz 1927, S. 56, 79). — Dürer bietet in seiner Befestigungslehre den Grundriß einer Bastei samt Meßlinie und fügt hinzu: „... Also ist diser grund wie er auff dem fundament steen sol, in all seyner maß vund form nach eynem verjüngten schuch auff gerissen. Darumb hab ich zu negst hernach auch auffgerissen ein lini diser schuch hundert lang, darauß ich alleding, die folgen ... messen werdt ...“ (A. DÜRER, Etliche vndericht, zu befestigung der Stett, Schloß vnd flecken, Nürnberg 1527, Nachdruck Unterschneidheim 1969, Bl. A III v. — BOOZ 1956, S. 77). — RIVIVS (1548) bietet den Querschnitt B des Mailänder Domes „nach gewonlicher Symmetrie des verjüngten werkschuchs“. — Noch HEIDELÖFF (1849 I, S. 29) sprach von einem „verjüngten Maaßstab (einen halben Zoll zu einem Schuh)“ und für den Franzosen ist „maßstäblich zeichnen“ bis heute „réduire un plan au petit pied“.

<sup>660</sup> Für das Berner Münster nennt MOJON (1967, S. 44) einige Baumaße. Sie lassen sich innerhalb einer Baugenauigkeit  $\pm 2$  cm in einfache Fußzahlen übersetzen, wenn man die Maßeinheit zu 32,11 cm annimmt.

	IST	FUSS	SOLL	DIFF.
Chor Mauerstärke	0,955 m	3,0	0,96	-
Strebepfeilerausladung	1,913	6,0	1,92	+ 1 cm
Mittelschiff i. L.	10,92	34,0	10,91	- 1
Langhaus Jochtiefe	7,725	34,0	7,70	- 2
Breite der Seitenkapellen	3,855	12,0	3,85	-

Maßzahlen machen dies deutlich — seien in einer Proportionsfigur begründet. — Von der gleichen Voraussetzung ausgehend kann man das einschichtige Maß durch die Größe einer der „alten“ Maßeinheiten dividieren. Man wird irrationale Maßzahlen erhalten — irrationale Maßzahlen auch, falls man die vollkommen zutreffende Größe der Maßeinheit eingesetzt hat, da man ja vom Baumaß, nicht vom Sollmaß ausging —, womit die These, der gotische Architekt sei mit Proportionsfiguren umgegangen, ebenfalls bestätigt wäre.

2. Man kann der Bau- und Meßungenauigkeit eine bescheidene Größe zubilligen. Die Chance, irrationale Maßzahlen zu erhalten, die sich als Hinweise zur geometrischen Proportionierung verstehen lassen, ist nun im Schwinden. Dafür eröffnet sich die Möglichkeit, Proportionsfiguren auf dem Reißbrett zu entwickeln. — Die Gegenthese zu prüfen wird nun recht schwierig, denn vom Sollmaß ist nur bekannt, es sei mit dem Baumaß nicht identisch, die Maßzahl ist unbekannt und die Maßeinheit ist innerhalb ihrer Grenzwerte (etwa 25,5cm und etwa 34,0cm) unbekannt. Nun stehen also 3 Größen zur Verfügung: Das mit dem Sollmaß, von dem auszugehen wäre, nicht identische Baumaß, die unbekannte Maßzahl und die nur ihrer Größenordnung nach bekannte Maßeinheit. Unter solchen Voraussetzungen kann man leicht zum Ziel kommen, sobald man entweder die Maßzahl oder die Größe der Maßeinheit als „bekannte“ Größe einführt und den anderen Faktor, die Größe der Maßeinheit bzw. die Maßzahl, mit dem Baumaß — richtig wäre: mit dem Sollmaß — in Übereinstimmung bringt. Von den Ergebnissen solchen Vorgehens war die Rede.

3. Mit der Begründung, die Bauleute des Mittelalters hätten recht ungenau gearbeitet, kann man zwischen Baumaß und Sollmaß einen nahezu beliebig großen Spielraum offenhalten. Je größer dieser Spielraum, umso leichter wird gelingen, eine mit der nächstbesten Bauaufnahme augenscheinlich übereinstimmende Proportionsfigur zu entwickeln. — Unter der Voraussetzung, ein erheblich großer Spielraum sei zulässig — in den Proportionierungen des Freiburger Münsterturmes sind diesem Spielraum Dezimeter und Meter zugestanden — ist nicht möglich, für die Erprobung der Gegenthese einen Ansatzpunkt zu finden.

Von diesen drei Möglichkeiten ist die erste unreal, da nicht möglich ist, ein an der Baustelle aufgegebenes Maß mit mathematischer Genauigkeit zu verwirklichen. Die dritte Möglichkeit ist so lange als Utopie anzusehen, als nicht erwiesen ist, die Bauleute des Mittelalters hätten die ihnen aufgegebenen Maße mit übergroßer Nachlässigkeit verwirklicht. So bleibt, wenn wir die Gegenthese an einem gotischen Bauwerk erproben wollen, von diesen Möglichkeiten nur die zweite.

Die Gegenthese stützt sich einstweilen im Negativen auf den offenkundigen Fehlschlag aller Versuche, die Abmessungen des Freiburger Münsterturms aus Proportionsfiguren abzuleiten. Sie stützt sich im Negativen und Positiven zugleich auf die Erkenntnis, daß Stornaloco nicht mit gleichseitigen Dreiecken proportioniert, daß vielmehr erst Cesariano, seinen Vorgänger mißverstehend,

die geometrische Proportionierung gotischer Baukunst literarisch begründet hat. Sie stützt sich im Positiven auf die in den Schriftquellen, auch in Musterbüchern und Bauzeichnungen, genannten Maßzahlen.

In der Absicht, die Gegenthese zu erproben, wenden wir uns nochmals dem Bauwerk zu, von dem diese Überlegungen ausgegangen waren, dem Turm des Freiburger Münsters.

## IX. Der Freiburger Münsterturm nach Maß und Zahl

Die Versuche, Abmessungen des Freiburger Münsterturms aus Proportionsfiguren abzuleiten, haben zu keinem Ergebnis geführt.

Von Versuchen, Abmessungen dieses Turmes als Vielfache einer Maßeinheit zu verstehen, ist noch zu berichten:

Mössel (1926, S. 88) suchte die Brüstung der Sterngalerie 124,5 rheinische Fuß über dem Fußboden der Vorhalle. Die derart definierte Strecke ist um (48) cm größer als das Baumaß. Mössel hat weitere, ebenfalls aus Bauaufnahmen abgestochene Baumaße des Münsters im rheinischen Schuh angegeben, ohne damit zu begründen, weshalb eine am Niederrhein gebräuchliche Maßeinheit mit ihrem nach 1800 festgestellten Äquivalent für ein oberrheinisches Bauwerk des 13./14. Jh. maßgeblich sei.

Näher hätte gelegen, sich mit einer anderen Maßeinheit zu versuchen: An den einander zugewandten Flanken der westlichen Strebepfeiler des Freiburger Turmes sind neben Hohlmaßen auch Klafter und Elle markiert. Ihnen entspricht ein Fuß von 32,4 cm<sup>661</sup>.

In diesem Fuß sah Kletzl (1933, S. 186) „... jenen Freiburger Werkschuh... der im ganzen 14. Jh. sicher am Freiburger Münster und wahrscheinlich, höchstens mit unwesentlichen Abweichungen, auch an den anderen wichtigen Bauhöfen Schwabens gebraucht worden ist...“ In dieser Maßeinheit gab Kletzl (1936, Freiburg S. 20) der Höhe des Münsterturms 358'; die so definierte Strecke ist um 87 cm größer als das Baumaß. — Wangart (1953, S. 226 f.) benützte das 35fache dieser Maßeinheit als erstes und den Major dieser Strecke als zweites Grundmaß. Vom Ergebnis dieser Versuche war bereits die Rede<sup>662</sup>.

<sup>661</sup> A. POINSIGNON, Die Urkunden des Heiligeistspitals zu Freiburg i. Br., Bd. 1, Freiburg i. Br. 1890, S. XIV ff. — H. FLAMM, Die Längen- und Hohlmaße in der Münstervorhalle, in: Freiburger Münsterblatt 9, 1913. — Die 1295 datierten Hohlmaße lassen sich mit den Längenmaßen in ein Maßsystem bringen. Danach wurden auch die Längenmaße bekannt gemacht, als der Münsterturm noch im Bau war. Der Länge des Fußes entsprechen besser 32,45 cm (HECHT 1965, S. 189 ff.).

<sup>662</sup> Vgl. Abschnitt II A 11. — Von seiner anhand der Baumaße hier überprüften Behauptung abgehend hat Wangart 1972 die Höhe des Freiburger Münsterturms noch einmal gedeutet. Seine ältere Meinung übergibt er dabei stillschweigend, ebenso meine Kritik, den offenbaren Anlaß dieser Versuchslumbesserung.

So sind zwei Maßeinheiten vorgeschlagen, die Abmessungen des Münsterturmes zu erklären: der rheinische Fuß und der „Freiburger Werkschuh“. Mit welchem Erfolg lassen sich Baumaße des Turmes in diesen Maßeinheiten ausdrücken? Versuchen wir einige Hauptmaße des Turmes — es seien dieselben, die zur Überprüfung der Bauaufnahmen gedient hatten —, dazu einige kleineren Maße — sie sind der Abb. 82 entnommen — in diesen Maßeinheiten auszudrücken:

Ist	Rheinischer Fuß	„Freiburger Werkschuh“
	1' = 31,38 cm	1' = 32,45 cm
24,81 m	79,05'	76,44'
15,715	50,07'	48,39'
12,395	39,49'	38,19'
15,13	48,20'	46,61'
37,35	119,00'	115,08'
70,04	223,16'	215,79'
115,12	366,80'	354,68'
1,335	4,25'	4,11'
1,467	4,67'	4,52'
1,58	5,03'	4,87'
1,70	5,41'	5,24'
0,51	1,62'	1,57'
0,43	1,37'	1,32'

Was ist aus diesen wunderlichen Zahlen zu folgern? Den herkömmlichen Grundsätzen folgend wäre alles ganz einfach: Innerhalb der „zulässigen Toleranz“ ließen sich die größeren Werte in ganze, wohl auch in abgerundete Zahlen verwandeln (aus 79,05' würde 79' oder 80', aus 50,07' würde 50' usw.), die kleineren Werte ergäben in gleicher Weise Fuß und Zoll<sup>663</sup>. Auf diese Weise hätten sich die Fußzahlen beider Kolonnen in plausible Maßzahlen verwandelt, womit bewiesen wäre, der Münsterturm sei nach beiden Maßeinheiten zugleich errichtet — was nicht möglich ist. Mit weiteren Maßeinheiten auf gleiche Weise unternommene Versuche würden zum selben Ergebnis führen. Mit anderen Worten: So ist an kein Ziel zu kommen.

Gesucht wird die Maßeinheit, in der sich die in Meter und Zentimeter genommenen Baumaße des Turmes in zutreffenden Maßzahlen angeben lassen. Bei methodischem Vorgehen müßte gelingen, diese Maßeinheit aufzufinden.

Diese Methode hätte folgenden Bedingungen zu entsprechen:

I. Wer mit einer falsch gestellten Frage an der Sache vorbeifragt, darf auf

<sup>663</sup> Die dezimalen Äquivalente des duodezimal geteilten Fußes lauten:

1'' = $\frac{1}{12}'$ = 0,0833'	7'' = $\frac{7}{12}'$ = 0,5833'
2'' = $\frac{1}{6}'$ = 0,1666'	8'' = $\frac{2}{3}'$ = 0,6666'
3'' = $\frac{1}{4}'$ = 0,2500'	9'' = $\frac{3}{4}'$ = 0,7500'
4'' = $\frac{1}{3}'$ = 0,3333'	10'' = $\frac{5}{6}'$ = 0,8333'
5'' = $\frac{5}{12}'$ = 0,4166'	11'' = $\frac{11}{12}'$ = 0,9166'
6'' = $\frac{1}{2}'$ = 0,5000'	12'' = 1' = 1,0000'

keine zutreffende Antwort hoffen, denn die Antwort ist ihrer Substanz nach in der Frage bereits eingeschlossen. Anders gesagt: Was sich in der *Conclusio* als zutreffend herausstellen möchte, darf nicht von vorneherein mit einer Einschränkung der Prämissen aus der Fragestellung ausgeschlossen werden.

Dies bedeutet: An den westlichen Strebepfeilern des Turmes, vor dem Hauptportal des Münsters, für jedermann zu jeder Zeit zugänglich an einem Platz, der den Wochenmarkt noch heute aufnimmt, sind Klafter und Elle, Sester und Zuber markiert, dazu in Umrissen Brote, Flachziegel, Hohlziegel und Backsteine, schließlich eine Marktschrift und zweimal die Lilie, die auf dem Stadtsiegel wiederkehrt<sup>664</sup>. Die markierten Einheiten samt der Marktschrift betreffen den Handel und Verkehr der Bürgerschaft. Daß das aus dem Klafter oder der Elle ableitbare Fußmaß auch beim Bau des Münsterturms benützt worden sei, mag fürs erste einleuchten. Ob dem so ist, läßt sich den Markierungen nicht ansehen. Die Umrechnung der Baumaße in diese Maßeinheit spricht nicht für diese Vermutung. So werden wir die Größe der gesuchten Maßeinheit einstweilen nur in den Grenzen der überlieferten Fußmaße zwischen etwa 27,5 und etwa 34,0cm festlegen dürfen.

2. An der Baustelle ein aufgegebenes Maß mit mathematischer Genauigkeit zu verwirklichen, ist nicht möglich. Zwischen dem Sollmaß und dem Istmaß — das seinerseits durch Meßungenauigkeiten verstimmt sein mag — klafft daher eine nicht vermeidbare Differenz. Dieser Differenz hat die Proportionsliteratur unter der Bezeichnung „zulässige Toleranz“  $\pm 1$  bis  $\pm 3\%$  des Baumaßes zugestanden. Auf die Höhe des Münsterturms bezogen bietet diese Toleranz einen Spielraum von 2,30 bis 6,90 m. Innerhalb eines solchen Spielraumes kann man beweisen, was man lustig ist. Überdies ist man bei solchen Vorgehen seiner Sache völlig sicher, denn die mangelnde Übereinstimmung von Thesenmaß und Baumaß ist unter dem Deckmantel des Zulässigen aus dem Beweisverfahren ausgeschieden. Nun bietet die mangelnde Übereinstimmung von Thesenmaß und Baumaß keinen Anlaß mehr, über die Begründung des Thesenmaßes nachzudenken. Vielmehr geht die volle Differenz zu Lasten der Fähigkeit des gotischen Architekten, einer Fähigkeit, die man — was die Proportionskünste angeht — mit Hilfe dieser dem gotischen Architekten unterstellten Unfähigkeit nachzuweisen hofft.

Sollmaß und Istmaß können, wie gesagt, nicht völlig übereinstimmen. Die Differenz beider darf nur die Ungenauigkeit der Bauausführung und die kaum erhebliche Ungenauigkeit der Vermessung enthalten, denn anders wäre die Forderung nicht zu erfüllen, das aus einer Arbeitshypothese hervorgehende Thesenmaß mit dem einstens an der Baustelle aufgegebenen Sollmaß dadurch zu identifizieren, daß sich beide über die unvermeidliche Differenz auf das Istmaß zurückführen lassen. Nur auf diese Weise, nicht mit Hilfe abgesprochener Toleran-

<sup>664</sup> KEMPF-SCHUSTER 1906, S. 54 f.

zen, ist eine These als zutreffend oder unzutreffend auszuweisen. Um wieviele Zentimeter Istmaß und Thesenmaß differieren dürfen, wenn die Identität von Thesenmaß und Sollmaß aus der Bauungenauigkeit hervorgehen soll, ist vorerst nicht zu sagen, da die Größe der Bauungenauigkeit einstweilen unbekannt ist. Daraus die Folgerung: Die Bauungenauigkeit hat ihren Platz nicht in der Prämisse, sie kann erst in der Conclusio sichtbar werden.

3. Den Sollmaßen gegenüber sind die Baumaße um die Bauungenauigkeit vergrößert oder verkleinert. Stehen Baumaße in ausreichender Zahl zur Verfügung, darf man annehmen, daß sich die positiven und die negativen Ungenauigkeiten im Mittel etwa ausgleichen werden.

4. Nachdem die Bauungenauigkeit aus der Prämisse ausgeschieden ist, bleiben zwei Größen, von denen man ausgehen kann, das Baumaß und die Maßeinheit. Das Baumaß ist durch die Bauungenauigkeit verunreinigt. Die Maßeinheit ist, wenn wir die „alten“ Fußmaße dafür nehmen, eine zweifelhafte Größe. Wie soll unter solchen Voraussetzungen möglich sein, die den Baumaßen zugrunde liegende Maßeinheit zu ermitteln, die Baumaße in diese Maßeinheit zu übersetzen und aus der Größe der sich einstellenden Differenz abzulesen, ob man auf dem richtigen Weg ist oder nicht?

Hier ist ein Versuch nützlich. Wir übersetzen die Höhe des Münsterturmes (115,12m) in irgendwelche „alten“ Fußmaße. Dieses Unterfangen ist insoweit fiktiv, als nicht daran zu denken ist, diese Maßeinheiten für den Freiburger Turm ernstlich in Anspruch zu nehmen. Der Versuch zielt vielmehr auf einen Beweis ex negatione: diese einem Nachschlagewerk der Reihe nach entnommenen Fußmaße<sup>665</sup> müßten sich als unzutreffend erweisen:

		Fuß	Diff.
Altona	1' = 28,649 cm	402'	+ 5 cm
Anhalt	31,385	367'	+ 6
Baden	30,00	384'	+ 8
Bayern	29,186	394'	— 13
Belgien	28,680	401'	— 12
Braunschweig	28,536	403'	— 12
Bremen	28,935	398'	+ 4
Dänemark	31,385	367'	+ 6
Danzig	31,385	367'	+ 6
Dresden	28,326	406'	— 12
England	30,479	378'	+ 9
Frankreich	30,37	379'	— 2
Frankfurt am Main	28,461	404'	— 14
Friesland	29,068	396'	— 2
usw.			
dazu			
„Freiburger Werkschuh“	32,450 <sup>661</sup>	355'	+ 8

<sup>665</sup> ALBERTI 1957, S. 229.

Die ausgewiesenen Differenzen (+9 und — 14 cm bzw. +0,08 und — 0,12‰) sind erheblich geringer als die „zulässige Toleranz“. Unter den Fußzahlen mag die eine nach Gefühl und Gutdünken sympathischer erscheinen als die andere, als eindeutig unzutreffend erweist sich keine. Die Folgerung: Große Strecken lassen sich, ohne daß das Ergebnis kritisch würde, in jede beliebige Maßeinheit übersetzen<sup>666</sup>.

Was geschieht, wenn wir von einer kürzeren Strecke ausgehen? Machen wir denselben Versuch mit dem Achsmaß der westlichen Strebeböfeler (12,41m):

		Fuß	Diff.
Altona	1' = 28,649 cm	43'	— 9 cm
Anhalt	31,385	40'	+ 14
Baden	30,00	41'	+ 11
Bayern	29,186	43'	+ 14
Belgien	28,680	43'	— 8
Braunschweig	28,536	44'	+ 14
Bremen	28,935	43'	+ 3
Dänemark	31,385	40'	+ 14
Danzig	31,385	40'	+ 14
Dresden	28,326	44'	+ 5
England	30,479	41'	+ 8
Frankreich	30,37	41'	+ 4
Frankfurt am Main	28,461	44'	+ 11
Friesland	29,068	43'	+ 9
usw.			
dazu			
„Freiburger Werkschuh“	32,450 <sup>661</sup>	38'	— 8

Die ausgewiesenen Differenzen sind größer geworden (+ 14 und — 9 cm bzw. + 1,13 und — 0,72 ‰). Die Fußzahlen sind plausibel. Die Ergebnisse sind noch immer unkritisch.

Nun derselbe Versuch mit einem kleinen Baumaß, der Mauerstärke der Seitenschiffe des Langhauses (0,85m):

		Fuß	Diff.
Altona	1' = 28,649 cm	3'	+ 1 cm
Anhalt	31,385	2' 9"	+ 1
Baden	30,00	2' 10"	—
Bayern	29,186	2' 11"	—
Belgien	28,680	3'	+ 1
Braunschweig	28,536	3'	+ 1
Bremen	28,935	3'	+ 2
Dänemark	31,385	2' 9"	+ 1
Danzig	31,385	2' 9"	+ 1

<sup>666</sup> MÖSSEL (1926, S. 88) und KLETZL (1936 Freiburg, S. 20) haben nichts anderes getan.

Dresden	28,326	3'	—
England	30,479	2' 9"	— 1
Frankreich	30,37	2' 10"	+ 1
Frankfurt am Main	28,461	3'	—
Friesland	29,068	2' 11"	—
usw.			
dazu			
„Freiburger Werkschuh“	32,450 <sup>661</sup>	2' 8"	+ 1

Nun hat sich manches geändert: Die Differenzen sind absolut kleiner (+ 2 und — 1 cm), relativ größer geworden (+ 2,12 und — 1,39 ‰). Nun war unvermeidlich, die Maßeinheit in Zoll zu unterteilen. Dennoch hat sich das Angebot möglicher Fußzahlen verringert.

Lassen wir die dem Zufall überlassene Auswahl „alter“ Fußmaße beiseite, stellen wir also alle zwischen  $1' \approx 27,5$  cm und  $1' \approx 34,0$  cm liegenden Möglichkeiten in Rechnung, — mehr als 7 Möglichkeiten gibt es nicht:

0,85 m =	3'	wenn 1' =	28,33 cm
	2' 11"		29,14
	2' 10"		30,00
	2' 9"		30,90
	2' 8"		31,87
	2' 7"		32,90
	2' 6"		34,00

Einige dieser Möglichkeiten sind wenig glaubhaft: Wer wird einer Mauerstärke 2' 11" und nicht 3' oder wer wird ihr 2' 7" und nicht 2' 6" ( $2\frac{1}{2}'$ ) oder 2' 8" ( $2\frac{2}{3}'$ ) geben wollen? Andere dieser Möglichkeiten, vor allem 2' 6", 2' 9" und 3', haben dagegen alle Wahrscheinlichkeit auf ihrer Seite. Was für die Maßzahlen gilt, hat seine Folgen für die aus dem Baumaß über die Fußzahlen errechneten hypothetischen Maßeinheiten. Diese aus einem einzigen, kleinen Baumaß errechneten Maßeinheiten sind durch den Einfluß der Bauungenauigkeit erheblich verstimmt. Der erzielte Gewinn ist mithin gering. Immerhin ist eine weitere Bedingung methodischen Vorgehens gefunden.

Um die Bedingungen nochmals zu nennen: 1. Der gesuchten Maßeinheit sind alle zwischen  $1' \approx 27,5$  und  $1' \approx 34,0$  cm liegenden Möglichkeiten offen zu halten. 2. Das Sollmaß, d. h. das um die Bauungenauigkeit vergrößerte oder verkleinerte Baumaß ergibt, durch die Maßeinheit dividiert, die Fußzahl. Die Bauungenauigkeit hat ihren Platz jedoch nicht in der Prämisse. 3. In einer größeren Zahl von Baumaßen werden sich die positiven und die negativen Bauungenauigkeiten im Mittel etwa ausgleichen. 4. Auszugehen ist von Baumaßen geringer Größe.

Nach alledem würde die Ermittlung der gesuchten Maßeinheit im Modellfall so aussehen müssen: Gemessen seien zum Beispiel die Baumaße 0,30, 0,46, 0,58, 0,45 und 0,87 m. Diesen Baumaßen die Fußzahlen 1,0, 1,5, 2,0, 1,5 und 3,0 zuzu-



ordnen, ist nicht schwierig. Die Summe der Baumaße dividiert durch die Summe der Fußzahlen ergibt die vorläufige Größe der Maßeinheit. Mit dieser Maßeinheit wird die Zuordnung von Baumaß und Fußzahl geprüft, indem die Differenz (Diff.) zwischen dem Baumaß (Ist) und dem Produkt aus Maßeinheit und Fußzahl (Soll) ermittelt wird. Dies angeschrieben<sup>666a</sup>:

Ist	Fuß	Soll	Diff.
0,30 m	1,0'	0,30 m	— cm
0,46	1,5'	0,44	— 2
0,58	2,0'	0,59	+ 1
0,45	1,5'	0,44	— 1
0,87	3,0'	0,89	+ 2
2,66	:	9,0' → 29,55 cm	

In diesen wenigen Baumaßen haben sich die (in kleinen Baumaßen vergleichsweise einflußreichen) Bauungenauigkeiten nur zum geringsten Teil ausgleichen können. Dennoch ist die Maßeinheit in ihrer ersten Annäherung nützlich für den folgenden Arbeitsgang:

Als weitere Baumaße seien ermittelt 1,50, 2,05, 2,38 und 2,65m. Nun, da die zugehörigen Fußzahlen nicht mehr ohne weiteres ersichtlich sind, werden die Baumaße durch die Maßeinheit erster Annäherung dividiert. Die Ergebnisse — 5,07', 6,93', 8,04' und 8,96' — bedeuten offenbar 5', 7', 8' und 9'. Dies ebenfalls angeschrieben:

Ist	Fuß	Soll	Diff.
1,50 m	5,0'	1,48 m	— 2 cm
2,05	7,0'	2,07	+ 2
2,38	8,0'	2,37	— 1
2,65	9,0'	2,66	+ 1
9,46	:	32,0' → 29,56 cm	

Die in den Baumaßen enthaltene Ungenauigkeit ist zu einem weiteren Anteil ausgeglichen. Entsprechend erscheint die Maßeinheit in zweiter, verbesserter Annäherung.

Dieser Vorgang wiederholt sich mit den jeweils nächst größeren Baumaßen so lange, bis alle verfügbaren Baumaße verwertet sind. Nun ist die Maßeinheit in der einstweilen bestmöglichen Annäherung bekannt.

Danach werden dieser letzten Annäherung sämtliche Baumaße gegenübergestellt, wobei in der Annahme der Fußzahlen (Fuß und Zoll) etwa unterlaufene und bisher nicht sichtbar gewordene Irrtümer bereinigt und etwa mit allzu gro-

<sup>666a</sup> In der Spalte „Soll“ sind die Werte zu ganzen Zentimetern auf- bzw. abgerundet; in der Spalte „Diff.“ wird daher die Summe der angezeigten Werte  $\neq 0$ , obwohl die Voraussetzung des Differenzausgleiches, von dem bereits die Rede war, tatsächlich eingehalten ist.

ßer Bauungenauigkeit behaftete Baumaße ausgeschieden werden<sup>667</sup>. Aus der Summe aller Baumaße und der Summe aller Fußzahlen folgt schließlich die Maßeinheit in ihrer letztmöglichen Annäherung.

Im praktischen Fall stehen kleine Baumaße, von denen auszugehen ist, zu meist nicht in ausreichender Zahl zur Verfügung. Von den nächst größeren Baumaßen auszugehen, heißt aber, eine erhebliche Unsicherheit im Ansatz des ersten Arbeitsganges einfach deswegen in Kauf nehmen zu müssen, weil sich bereits diesen nächst größeren Baumaßen eine erhebliche Vielzahl angenommener Fußzahlen und angenommener Maßeinheiten zuordnen läßt. Hier sind Hilfen willkommen.

Zunächst bietet sich an, solche Baumaße paarweise zu koppeln. Um den Vorgang am Beispiel klar zu machen: Gegeben seien die Baumaße 1,60, 2,24 und 3,21m. Das Verhältnis 1,60:2,24 läßt sich innerhalb des Spielraums möglicher Fußmaße, eine geringe Bauungenauigkeit vorausgesetzt, in gewissen Fußzahlen darstellen. Für die beiden weiteren Koppelungen — 1,60:3,21m und 2,24:3,21m — gilt ein Gleiches. In den drei Kolonnen hypothetischer Fußmaße werden nur wenige Werte nahezu übereinstimmend enthalten sein. Dies angeschrieben:

		Diff.
1,60 : 2,24 m $\approx$ 5,75' : 8,00'	1' $\approx$ 27,92 cm	— — cm
5,50' : 7,75'	28,98	— 1 + 1
5,25' : 7,25'	30,72	+ 1 — 1
5,00' : 7,00'	<b>32,00</b>	— —
4,75' : 6,66'	33,63	— —
1,60 : 3,21 m $\approx$ 5,75' : 11,50'	<b>27,88</b>	— —
5,66' : 11,25'	28,43	+ 1 —
5,50' : 11,00'	29,15	— —
5,25' : 10,50'	30,53	— —
5,00' : 10,00'	<b>32,06</b>	— —
4,75' : 9,50'	33,75	— —
2,24 : 3,21 m $\approx$ 8,00' : 11,50'	<b>27,94</b>	— —
7,66' : 11,50'	29,19	— —
7,50' : 10,75'	29,86	— —
7,33' : 10,50'	30,56	— —
7,00' : 10,00'	32,05	— —
6,75' : 9,66'	<b>33,19</b>	— —
6,66' : 9,50'	33,71	+ 1 —

<sup>667</sup> Analoge, voneinander erheblich abweichende Baumaße sind sämtlich auszuschneiden, sofern sich die Begründung der Abweichung nicht eindeutig feststellen läßt. — Bei Baumaßen, die nicht in einer Maßkette stehen, ist eine größere Bauungenauigkeit, falls sich das Baumaß in Fuß und Zoll glaubwürdig wiedergeben läßt, nicht leicht zu erkennen. Wird ein solches Baumaß irrtümlich nicht ausgeschieden, sondern samt der ihm scheinbar zugehörigen Fußzahl im Rechengang belassen, hat dieser Irrtum auf die Kontrolle der übrigen Fußzahlen und auf die Ermittlung der Maßeinheiten keinen merkbaren Einfluß.

Zwei hypothetische Maßeinheiten bieten sich an. Sie lauten in erster Annäherung:

Ist	Fuß	Soll	Diff.
1,60 m	5,75'	1,60 m	— cm
2,24	8,00'	2,23	— 1
3,21	11,50'	3,21	—
<u>7,05</u>	<u>25,25'</u>	<u>27,92 cm</u>	
	:	→	
1,60 m	5,00'	1,60	—
2,24	7,00'	2,24	—
3,21	10,00'	3,20	— 1
<u>7,05</u>	<u>22,00'</u>	<u>32,04 cm</u>	
	:	→	

In die nächsten Arbeitsgänge werden beide hypothetische Maßeinheiten probeweise eingeführt; eine wird sich bald als unfruchtbar herausstellen<sup>668</sup>.

Eine weitere Hilfe, die überall, wo sie sich anbietet, zur Kontrolle der Fußzahlen heranzuziehen ist: In einer Kette stehende Baumaße seien samt ihrer Summe bekannt. Jedem einzelnen Baumaß läßt sich mit geringer Ungenauigkeit eine Fußzahl zuordnen. Also muß sich die Summe der Fußzahlen der Summe der Baumaße mit der Summe der Ungenauigkeiten zuordnen lassen. So banal diese Kontrolle zu sein scheint, so wirkungsvoll ist sie in Zweifelsfällen, die sich stets einstellen, wenn zwischen 3'' und 4'' ( $\frac{1}{4}'$  und  $\frac{1}{3}'$ ) oder zwischen 8'' und 9'' ( $\frac{2}{3}'$  und  $\frac{3}{4}'$ ) zu unterscheiden ist, denn beide Male beträgt der Unterschied nur 1''  $\approx$  2,5 cm, liegt also innerhalb der Größenordnung der Bauungenauigkeit, weshalb nicht möglich ist, nur mit der Zuordnung von Baumaß und Fußzahl eine Entscheidung zu treffen.

Die willkommenste Hilfe bieten „Leitern“, d. h. Maßketten, die nur Baumaße derselben Größe enthalten. Diese Hilfe ist um so wirkungsvoller, je kleiner das einzelne Baumaß und je länger die Leiter ist. Dies an einem Beispiel erläutert: Im Fries eines Traufgesimses seien 38 Achsweiten mit insgesamt 13,17 m gemessen. Daraus die von Ungenauigkeiten bereits weitgehend befreite Achsweite 34,65 cm. Für die entsprechende Fußzahl und die zugehörige Maßeinheit bieten sich nur wenige Möglichkeiten an:

34,65 cm = 1'	wenn 1' = 34,65 cm
1'1''	31,99
1'2''	29,70
1'3''	27,72

Nur eine dieser Möglichkeiten, in denen Fuß und Zoll zweifelsfrei erfaßt sind, wird sich in den folgenden Arbeitsgängen bewähren.

<sup>668</sup> Lassen sich vier Baumaße untereinander koppeln, stellt sich zumeist nur eine einzige Maßeinheit in erster Annäherung heraus. — Auch hier ist günstig, mit möglichst kleinen Baumaßen zu arbeiten.

Das hier beschriebene Verfahren ist umständlich und zeitraubend. Dieser unbestreitbare Nachteil wird durch einige Vorteile mehr als aufgewogen: Der Rechengang steht mit dem gebauten Sachverhalt (Baumaß) und mit den sich wechselweise bedingenden Annahmen (Fußzahl, Maßeinheit, Bauungenauigkeit) in einem engen und dennoch stets durchsichtigen Zusammenhang. Etwa unterlaufene Irrtümer machen sich bemerkbar, sind leicht aufzufinden und ebenso leicht zu berichtigen. Ebenso wird jeder Punkt sichtbar, wo nach Ermessen zu entscheiden ist. Die Folgen einer solchen Entscheidung bleiben prüfbar. Überdies errechnet sich die Größe der Maßeinheit nicht aus der größten Abmessung des Bauwerks, sondern aus der um ein mehrfaches größeren Summe aller verfügbaren Baumaße. Schließlich — damit kehren wir zum Anfang zurück — ist nicht von der Prämisse auszugehen, der gotische Architekt habe dieses oder jenes Maß als grundlegend („Grundmaß“) angesehen. Welche Strecken ihm wichtig waren und von wo bis wo er diese Strecken gemessen hat, stellt sich im Ergebnis des hier beschriebenen Verfahrens von alleine heraus.

Nach diesen Vorbemerkungen für den Freiburger Münsterturm den Rechengang in allen seinen Stadien vorzuführen, ist überflüssig. Hier das Ergebnis:

### A. Horizontalmaße

#### Vorhallengeschoß (Abb. 77)

Nordsüd-Maße in der Reihenfolge von Ost nach West

Ist		Fuß		Soll		Diff.	
0,85 m		2'9"		0,85 m		— cm	
8,458		27'3"		8,47		+ 1	
1,10		3'6"		1,09		— 1	
10,68	29,861	34'6"	96'	10,73	29,85	+ 4	— 1
1,10		3'6"		1,09		— 1	
8,523		27'3"		8,47		— 5	
0,85		2'9"		0,85		—	
3,346		10'9"		3,34		— 1	
3,334 m		10'9"		3,34 m		+ 1 cm	
1,185		3'9"		1,17		— 1	
(6,75)		21'9"		6,76		(+ 1)	
2,50		8'		2,49		— 1	
10,71	15,71	34'6"	50'6"	10,73	15,70	+ 1	— 1
2,50		8'		2,49		— 1	
(6,75)		21'9"		6,76		(+ 1)	
1,188		3'9"		1,17		— 2	
3,35		10'9"		3,34		— 1	

4,525	} 15,715	} 24,81	} 34'6"	} 50'6"	} 80'	4,58	} 15,70	} 24,88	} + 5	} - 1	} + 7
0,81						0,78					
1,70						1,71					
10,695						10,73					
1,70						1,71					
0,81						0,78					
4,57						4,58					
			14'9"						+ 1		
			2'6"						+ 2		
			5'6"						+ 1		
			34'6"						- 3		
			5'6"						+ 1		
			2'6"								
			14'9"								

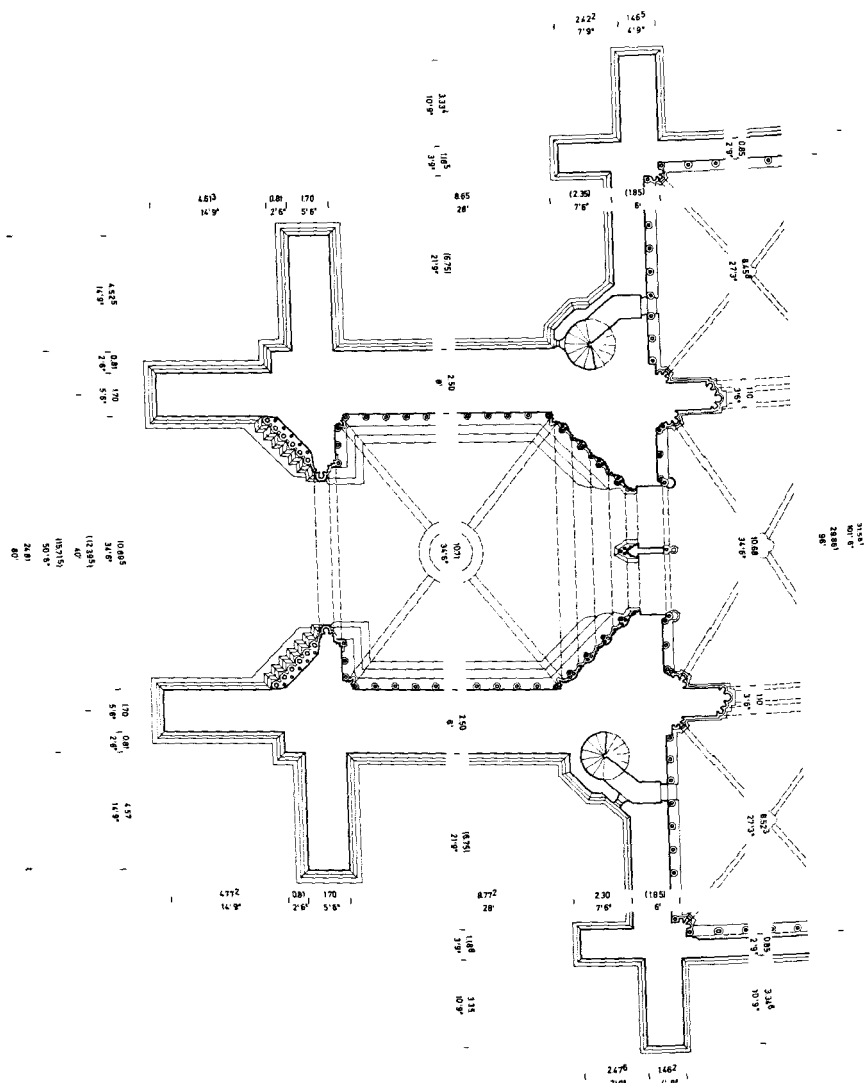


Abb. 77. Freiburg Münsterturm, Grundriß Vorhallengeschöß.

## Westost-Maße in der Reihenfolge von Nord nach Süd

2,422 m	7'9"	2,41 m	— 1 cm
1,465	4'9"	1,48	+ 1
4,613	14'9"	4,58	— 3
0,81	2'6"	0,78	— 3
1,70	5'6"	1,71	— 1
8,65	28'	8,70	+ 5
(2,35)	7'6"	2,33	(— 2)
(1,85)	6'	1,86	(+ 1)
15,36			
49'6"			
15,39			
(— 3)			
4,772	14'9"	4,58	— 19 <sup>669</sup>
0,81	2'6"	0,78	— 3
1,70	5'6"	1,71	— 1
8,772	28'	8,70	— 7
2,30	7'6"	2,33	+ 3
(1,85)	6'	1,86	(+ 1)
15,41			
49'6"			
15,39			
(— 2)			
2,476	7'9"	2,41	— 7
1,462	4'9"	1,48	+ 2

Die Lichtmaße des Mittelschiffs, der Vorhalle und der westlichen Turmstreben — 10,68, 10,71 und 10,695 m — differieren um höchstens 3 cm. Der Mittelwert 10,695 m entspricht 34'6" (Diff.: + 2 cm). — Das Quermaß des Turmschafes (15,71 m), ebenso die Distanz der westlichen Turmkanten (15,715 m), entspricht 50'6" (Diff.: + 2 cm). Das Längsmaß des Turmschafes — den der östlichen Turmmauer vorgelegten Bogen, an welchen die westliche Schildrippe des Hochschiffgewölbes anschließt, mit eingerechnet — ist 15,35 bzw. 15,41 m entsprechend 49'6" (Diff.: + 2 bzw. — 3 cm). Die Hauptmaße des Turmschafes sind demnach 50' gegenüber um 6" vergrößert bzw. verkleinert<sup>670</sup>.

**Michaelsgeschoß** (Abb. 78)

## Nordsüd-Maße in der Reihenfolge von Ost nach West

Ist	Fuß	Soll	Diff.
0,61 m	2'	0,62 m	+ 1 cm
0,46	1'6"	0,47	+ 1
1,07			
3'6"			
1,09			
+ 2			

<sup>669</sup> In einem Riß des Münsterbauamtes ist die Ausladung dieses Strebepfeilers mit 4,772 m zutreffend beziffert, die Ausladung der anderen drei neben den Westkanten des Turmschafes stehenden Streben dagegen mit 4,525, 4,613 und 4,57 m. Das Maß 4,772 m ist um 0,203 m größer als das Mittel der drei weiteren Maße. Die Differenz entspricht nahezu genau der hier in der Maßberechnung erscheinenden Differenz 0,19 m. Am Freiburger Münsterurm ist die Größe dieser Differenz einmalig. Das Baumaß 4,772 m samt der zugehörigen Maßzahl 14'9" wurde daher in der Ermittlung der Maßeinheit nicht berücksichtigt.

<sup>670</sup> Daß der Grundriß des Achters in gleicher Art unsymmetrisch sei, ist seit langem bekannt. Carl Stehlin und Herbert Fritz haben für den Vierort ein reines Quadrat nachzuweisen und die Asymmetrie des Achters zu begründen versucht. (K. STEHLIN, Über die alten Baurisse des Freiburger Münsterturnes, in: Freiburger Münsterblätter 1908, S. 10 f. — H. FRITZ, Die Grundrisse des Freiburger Münsterturnes, in: Oberrheinische Kunst 4, 1930, S. 9 f.).

1,07	3'6"	1,09	+ 2	
10,68	34'6"	10,73	+ 5	
1,07	3'6"	1,09	+ 2	
6,789	21'9"	6,76	— 3	
2,229	7'3"	2,25	+ 2	
11,025	35'6"	11,04	+ 1	
1,65	5'3"	1,63	— 2	
0,579	2'	0,62	+ 4	
2,229		2,25		+ 2
15,483		15,55		+ 7
50'		50'		

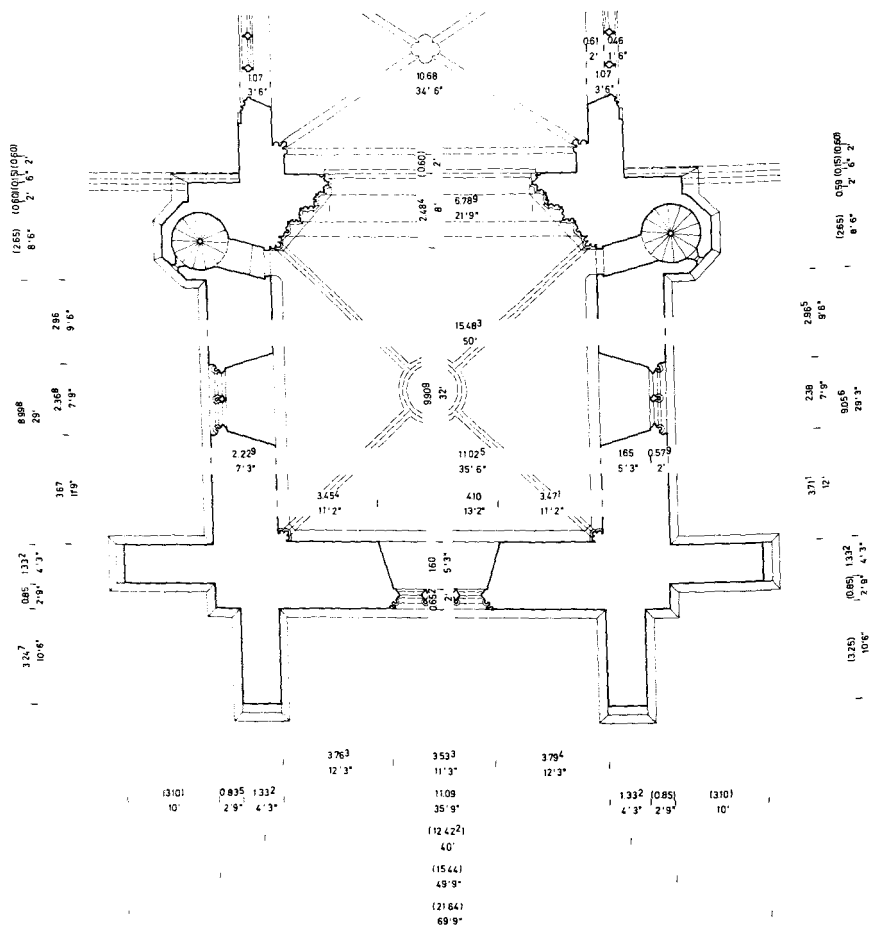


Abb. 78. Freiburg Münsterturm, Grundriß Michaelsgeschoß.

3,454	} 11,025	11'2"	} 35'6"	3,47	} 11,04	+ 2	} + 2
4,10		13'2"		4,09		— 1	
3,471		11'2"		3,47		—	
(3,10)		10'		3,11		(+ 1)	
0,835		2'9"		0,85		+ 2	
1,332		4'3"		1,32		— 1	
3,763	} 11,09	12'3"	} 35'9"	3,81	} 11,12	+ 4	} + 3
3,533		11'3"		3,50		— 3	
3,794		12'3"		3,81		+ 1	
1,332		4'3"		1,32		— 1	
(0,85)		2'9"		0,85		(—)	
(3,10)		10'		3,11		(+ 1)	

## Westost-Maße in der Reihenfolge von Nord nach Süd

3,247 m		10'6"		3,26 m		+ 1 cm	
0,85		2'9"		0,85		—	
1,332		4'3"		1,32		— 1	
3,67	} 8,998	11'9"	} 29'	3,65	} 9,02	— 2	} + 2
2,368		7'9"		2,41		+ 4	
2,96		9'6"		2,95		— 1	
(2,65)		8'6"		2,64		(— 1)	
(0,60)		2'		0,62		(+ 2)	
(0,15)		6"		0,16		(+ 1)	
(0,60)		2'		0,62		(+ 2)	
0,652	} 2,252	2'	} 7'3"	0,62	} 2,25	— 3	} —
1,60		5'3"		1,63		+ 3	
9,909		32'		9,94		+ 3	
2,484		8'		2,48		—	
(0,60)		2'		0,62		(+ 2)	
(3,25)		10'6"		3,26		(+ 1)	
(0,85)		2'9"		0,85		(— 1)	
1,332		4'3"		1,32		— 1	
3,711	} 9,056	12'	} 29'3"	3,73	} 9,09	+ 2	} + 3
2,380		7'9"		2,41		+ 3	
2,965		9'6"		2,95		— 1	
(2,65)		8'6"		2,64		(— 1)	
0,59		2'		0,62		+ 3	
(0,15)		6"		0,16		(+ 1)	
(0,60)		2'		0,62		(+ 2)	

Dem Lichtmaß der Vorhalle gegenüber ist das Lichtmaß der Michaelskapelle um 1' vergrößert. Der Turmschaft mißt in ostwestlicher Richtung einschließlich des genannten Tragbogens 49'3"; in nordsüdlicher Richtung mißt er in der Westfront 49'9", in der Michaelskapelle 50'.



**Horizontalmaße der Nordfront des Vierorts (Abb. 82)**

Ist	Fuß	Soll	Diff.
1,70 m	5'6"	1,71 m	+ 1 cm
1,58	5'	1,55	— 3
1,467	4'9"	1,48	+ 1
1,335	4'3"	1,32	— 2
1,038	3'3"	1,01	— 3
0,81	2'6"	0,78	— 3
0,85	2'9"	0,85	—
4,61	14'9"	4,59	— 2
4,37	14'	4,35	— 2
3,365	10'9"	3,34	— 2
3,095	10'	3,11	+ 2
2,67	8'6"	2,64	— 3

Bibl. d. TU.  
Braunschweig**Uhrigeschoß und Achtort**

Seitlich der freistehenden Kanten des Vierorts sind Strebepfeiler errichtet. Ihnen war zugeordnet in Fialtürmen auszulaufen, die ihrerseits den Übergang vom quadratischen Querschnitt des Vierorts zum oktagonalen Querschnitt des Achtorts für das Auge begründen und in der Sache bewirken sollten (Abb. 79 I). Ein zweiter Meister hat von der halben Höhe des Uhrigeschoßes an die Aufgabe, den Unterbau des Turmes in den Oberbau überzuführen, mit bewußter Einschränkung der Mittel schärfer gefaßt und auf eine ingenios einfache Weise gelöst. Er hat die Strebepfeiler, die hauptsächlichsten Hilfsmittel der zuvor angestrebten Lösung, aus dem Konzept ausgeschieden, genauer gesagt: er hat sie nur noch so weit hochgeführt, als sie mit ihren Stirnseiten den Figurentabernakeln eine Rückwand bieten mußten und hat sie danach mit Abdeckungen unvermittelt zu Ende gebracht. Die geometrischen Hauptstücke der neuen Lösung sind bereits in der oberen Hälfte des Uhrigeschoßes verwirklicht (Abb. 79 II): Mit den Kanten des Turmschaftes einsetzend sind Nischen hinter die Fluchten des Vierorts zurückgetrieben. Im Grundriß dreieckig, von den Abschlüssen der Strebepfeiler nicht eben glücklich überschritten, sind sie rückwärts von zwei ebenen Flächen begrenzt. Die jeweils größere, die mit der Kante des Turmschaftes einsetzt, erhielt eine Schrägstellung, die oberhalb der Stern galerie in den Flanken der Fialtürme wieder aufgenommen ist. Die jeweils kleineren setzen mit einer Kante ein, die oberhalb der Stern galerie in den Schnitten der dem Achtort vorgelegten Spornpfeiler ihre Fortsetzung findet; ihre Schrägstellung entspricht der Schrägstellung jeweils einer Flanke der Spornpfeiler. Die jeweils andere Flanke der Spornpfeiler ist im Uhrigeschoß in den seitlichen Schrägflächen der mittleren Nische vorbereitet, die rückwärts, der Flucht des Vierorts parallel, mit einer Fläche beschlossen ist, die in den Flächen des Achtorts ihre Fortsetzung findet. Auf der Westseite des Turmes ist diese mittlere Nische dem Zifferblatt der Uhr zuliebe zugesetzt.

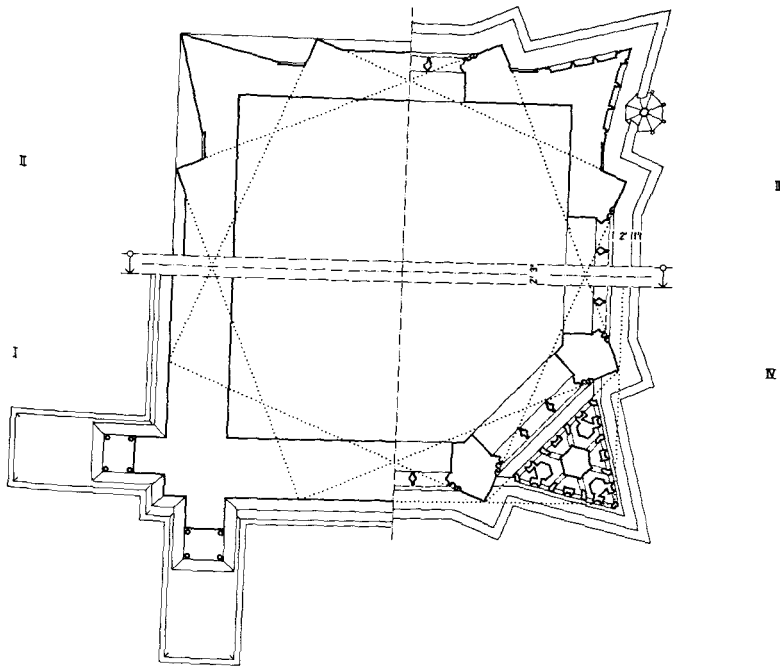


Abb. 79. Freiburg Münsterturm, Grundriß Münsterturm, Grundrißschema des Vier- und des Achtorts.

Im Horizontalschnitt des Uhrgeschosses sind die wesentlichen Indikationen für alle folgenden Horizontalschnitte des Turmes bereits enthalten. Die Brüstung der Stern galerie läuft der vorgegebenen Figur parallel; die Außenflucht des Achtorts wird in diesem Geschoß soweit zurückgenommen, daß auch die beiden weiteren Kanten der Fialtürme sichtbar werden. Das Innere des Turmes ist noch immer viereckig (Abb. 79 III). Erst im zweiten Achtortgeschoß erhält das Innere des Turmes Schrägeiten. Sie machen nun möglich, in der äußeren Erscheinung die Schrägeiten den Hauptseiten des Achtorts analog auszubilden, d. h. die Fialtürme vom Turmschaft zu lösen (Abb. 79 IV). So entwickeln sich die Horizontalschnitte des Oberbaus vollkommen aus der im Uhrgeschoß vorgegebenen Figur.

Wie wurde diese Figur auf dem Reißboden geometrisch definiert? Grundlage der Figur sind offenbar das Quadrat und das ihm eingeschriebene gleichseitige Achteck. Überwasser (1939, Freiburg, S. 32) hat vorgeschlagen (Abb. 80), den Kantenwinkel der Fialtürme aus den Eckpunkten des Quadrats und den jeweils drittnächsten Eckpunkten des Achtecks zu gewinnen. Diese Verbindungslinien würden zugleich die Richtung einer Flanke der Spornpfeiler ergeben — die Richtung der jeweils zweiten Flanke bliebe undefiniert — und würden überdies mit

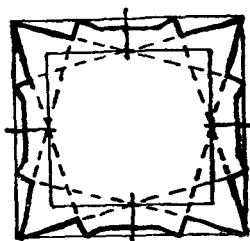
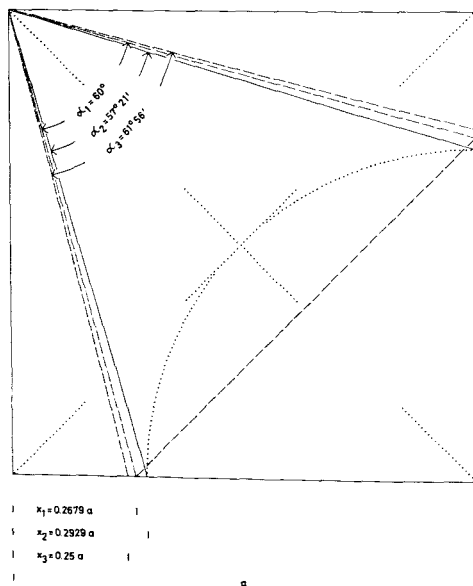


Abb. 80.  
Freiburg Münsterturm, Grundriß des Achtorts nach Überwasser.

ihren Schnittpunkten die innere Mauerflucht festlegen; die Mauerstärke wäre demnach in einer Fußzahl nicht wiederzugeben.

Zunächst zum Kantenwinkel der Fialtürme: Ist  $a$  die Seitenlänge des Quadrats, so ist in der nebenstehenden Figur  $x = a - \frac{a}{2}\sqrt{2} = 0,2929 a$ . Daraus berechnet sich der Kantenwinkel der Fialtürme zu  $57^{\circ}21'$ . Das Münsterbauamt besitzt einen im Maßstab 1:50 gezeichneten Horizontalschnitt des Uhrgeschosses.



In diesem Schnitt mißt der fragliche Winkel nahezu  $62^{\circ}$ . Die Differenz ist erheblich.

Das Mittel der beiden genannten Werte liegt bei  $60^{\circ}$ . So möchte naheliegen, beide Angaben auf den Winkel des gleichseitigen Dreiecks zurückzuführen und die Abweichungen beide Male den unvermeidlichen Bau- und Meßungenauig-

keiten zur Last zu legen. Unter dieser Voraussetzung ergäbe sich für den Kantenwinkel der Fialtürme  $x = 0,2679$  a.

Dieser dicht bei 0,25 a liegende Wert weckt eine Vermutung: Sollte man auf dem Reißboden nicht die Viertelspunkte der Quadratseiten mit der gegenüberliegenden Quadratecke verbunden haben? Für diesen Fall berechnet sich der Kantenwinkel der Fialtürme zu  $61^{\circ}56'$ . Mit den in der Bauaufnahme gemessenen knapp  $62^{\circ}$  stimmt dieser Wert so genau überein als nur wünschbar. Die Kantenwinkel der Fialtürme sind demnach offenbar mit den Eckpunkten des Quadrats und den Viertelspunkten der Quadratseiten bestimmt worden.

Nun zu den Kantenwinkeln der Spornpfeiler: Nach Ueberwasser wäre, wie gesagt, jeweils eine Flanke der Spornpfeiler mit der genannten Verbindungslinie definiert. Sollten die Kantenwinkel des Spornpfeilers zu den Diagonalen des Achtecks symmetrisch gebildet sein, würden sie nach dieser Definition  $77^{\circ}39'$  erhalten. Im Baubestand mißt dieser Winkel aber  $90^{\circ}$ . Damit ist auch der zweite Teil dieses Erklärungsversuches hinfällig.

Im regelmäßigen Achteck messen die Eckwinkel  $135^{\circ}$ . Am Freiburger Turm stehen die Flanken der Spornpfeiler unter  $90^{\circ}$  zueinander, d. h. was diese Pfeiler angeht ist der Achtort nicht aus einem regelmäßigen Achteck, sondern aus zwei in ein solches Achteck verschränkt eingefügten Quadraten entstanden. Für den Oberbau in seiner äußeren Erscheinung bedeutet dies: Der normale,  $135^{\circ}$  große Kantenwinkel eines Achtorts wirkt stumpf und flau. Am Freiburger Turm stehen die Seiten des Achtorts zwar unvermeidlich in diesem Winkel zueinander, aber den Kanten des Achtorts sind Spornpfeiler mit dem Kantenwinkel  $90^{\circ}$  vorgelegt. Aus dem gegensätzlichen Zusammenwirken dieser beiden Winkel gewinnt der Achtort des Freiburger Turmes in seinem Aufstreben die ihm eigentümliche knappe und zugefeilte Prägnanz.

Eine letzte Frage zur geometrischen Austeilung des Horizontalschnitts (Abb. 81): In der äußeren Erscheinung des Turmes ist das Uhrgeschoß durch die Stern galerie vom Achtort geschieden. In seinem inneren Aufbau hat der Turm einen über dem Gewölbe der Michaelskapelle beginnenden, bis etwa zur halben Höhe des Achtorts unverändert vierseitig aufsteigenden Raum erhalten, der den Glockenstuhl aufnimmt. Dieser Raum ist rechtwinklig, aber nicht quadratisch.

Lichtmaß nordwestlich	11,22 m	36'	11,19 m	— 3 cm
ostwestlich	10,57	34'	10,57	—

Die Differenz von 2' gilt genauso für das obere Achtortgeschoß und für den Helm. Anders gesagt: der Achtort steht nicht auf einem gleichseitigen, sondern auf einem achsenverschiedenen Achteck.

Ein Achteck mit unterschiedlichen Achsialmaßen ist auf dem Reißboden nur in zwei Arbeitsgängen darzustellen. Im ersten Arbeitsgang entsteht aus dem Quadrat ein regelmäßiges Achteck, im zweiten Arbeitsgang werden die beiden Hälften des Achtecks entweder in der einen Richtung auseinandergerückt oder

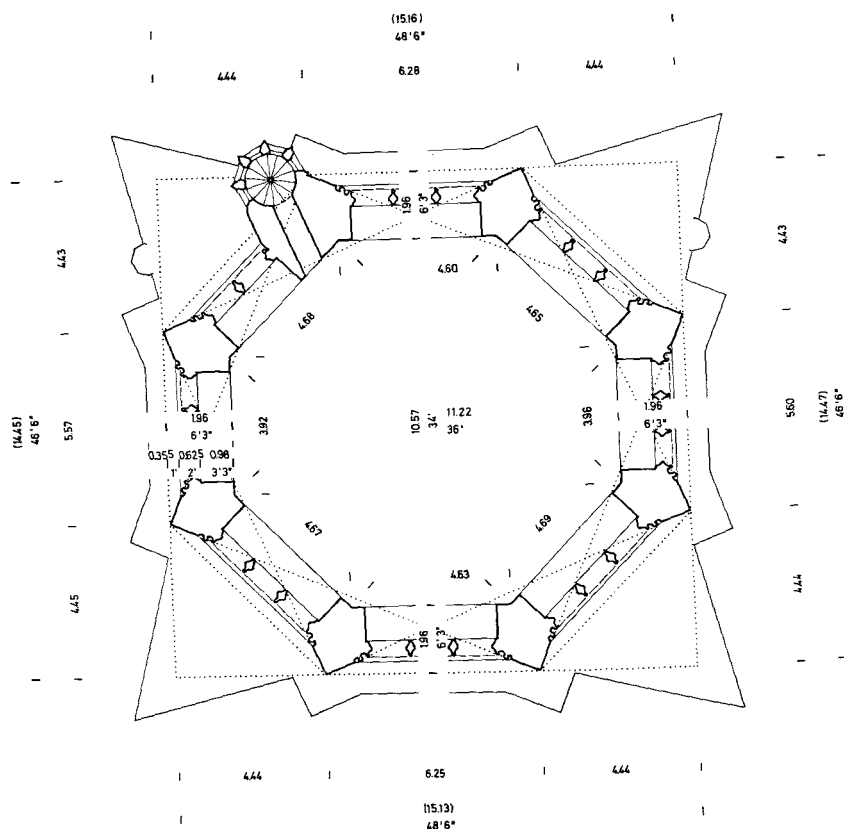


Abb. 81. Freiburg Münsterturm, Grundriß des 2. Achtortgeschosses.

in der anderen Richtung zusammengeschoben. Welche Seitenlänge hatte das Quadrat, von dem die Konstruktion ausging?

Ist  $a$  die gesuchte Seitenlänge des Quadrats,  $x$  die Seitenlänge des einbeschriebenen (regelmäßigen) Achtecks, so ist  $a = x(1 + \sqrt{2})$ . Die vier vom Auseinanderrücken oder Zusammenschieben der Figur nicht betroffenen Schrägseiten des Achtecks messen im Mittel 4,672 m. Die gesuchte Seitenlänge des Quadrats ist demnach  $4,672 \cdot 2,4142 = 11,28$  m. Dem entspricht das am Bau verwirklichte nordsüdliche Lichtmaß des Achtecks mit + 6 cm. Demnach wäre die Reißbodenfigur in ostwestlicher Richtung um 2' von 36' auf 34' zusammengerückt worden. Die Kontrolle: Die beiden verkürzten Seiten des Achtecks messen im Mittel 3,94 m. Ihr ursprüngliches Maß, wenn  $36' = 11,19$  m, wäre  $11,19 : 2,4142 = 4,63$  m. Der durch Zusammenrücken der Figur erfolgte Abzug  $= 4,63 - 3,94 = 0,69$  m.  $2' = 0,62$  m, Diff.: — 7 cm.

Dieselbe Überlegung zum Äußeren des Achtorts: Die vorspringenden Kanten der Spornpfeiler berühren das dem Achtort umgeschriebene Viereck. Die Seitenlängen dieses Vierecks messen im Mittel:

nordsüdlich	15,145 m	48'6"	15,08 m	— 7 cm
ostwestlich	14,46	46'6"	14,46	—
Die Differenz beider Maße beträgt wiederum				
	0,685	2'	0,62	— 7

Vergleichen wir weiter die orthogonal stehenden Achteckseiten. Sie messen im Mittel 6,265 bzw. 5,585 m. Die Differenz beträgt

0,68	2'	0,62	— 6
------	----	------	-----

Damit ist erwiesen: Der innere wie der äußere Umriß des Achtorts ist aus einem Quadrat von 26' bzw. 48'6" Seitenlänge hervorgegangen. Im zweiten Arbeitsgang sind die beiden Hälften der Reißbodenfigur um 2' zusammengedrückt worden.

Die Distanz der beiden Achtecke beträgt im Mittel

1,96 m	6'3"	1,94 m	— 2 cm
--------	------	--------	--------

Sie ist in folgende Maße aufgeteilt:

0,355	1'	0,31	— 4
0,625	2'	0,62	—
0,98	3'3"	1,01	+ 3

Die Mauerstärke des Achtorts entspricht nicht der Distanz der beiden Achtecke, da die äußere Mauerflucht — in der Absicht, die Flanken der Spornpfeiler freizumachen — um 1' zurückgesetzt ist.

## B. Vertikalmasse

Bezifferte Vertikalmaße stehen für jene Teile des Turmes zur Verfügung, die im Laufe der letzten Jahrzehnte vom Gerüst aus zugänglich waren<sup>671</sup>.

<sup>671</sup> In dem über dem Portal der Vorhalle aufragenden Wimperg haben WITZEL (1914, S. 33) und KLETZL (Freiburg 1936, S. 20) einen Hinweis auf Anwendung der Triangulatur sehen wollen. Maßzahlen stehen für diesen Wimperg nicht zur Verfügung. In Meydenbauers Aufnahme mißt der Scheitelwinkel des Wimpergs annähernd 62°. — Auch die weiteren Wimperge des Münsterturmes liefern keinen Hinweis auf geometrische Proportionsfiguren: Die über den Fenstern des Glockenstuhlgoschosses stehenden Wimperge haben — der ungleichen Breite der Achtortseiten entsprechend — verschiedene Breiten (1,04 bzw. 1,255 m), aber gleiche Höhen (1,70 m). Die Scheitelwinkel dieser Wimperge berechnen sich zu 34°0' bzw. 40°31'. Die Breite und die Höhe dieser Wimperge läßt sich in der Maßeinheit angeben:

1,04 m	3'4"	1,04 m	— cm
1,255	4'	1,24	— 2
1,70	5'6"	1,71	+ 1

Auch die den Helmfuß überspielenden Wimperge sind verschieden breit (5,20 bzw. 5,85 m) bei gleicher Höhe (8,235 m). Ihre Scheitelwinkel lauten 35°2' bzw. 39°6'. Auch ihre Breiten- und Höhenmaße sind in der Maßeinheit auszudrücken:

5,20 m	16'9"	5,21 m	+ 1 cm
5,85	18'9"	5,83	— 2
8,235	26'6"	8,24	—

Wer sich von einem dieser Wimperge zu Triangulaturen ermuntert sieht, hat sich getäuscht.

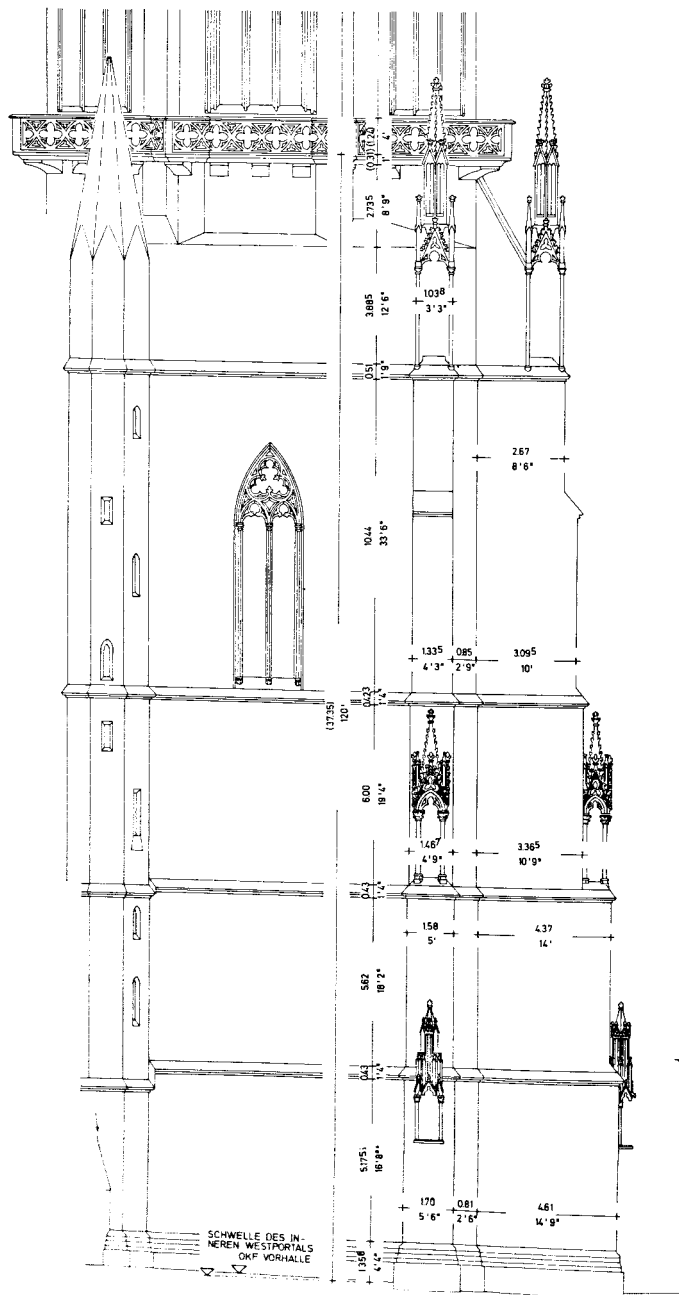


Abb. 82. Freiburg Münstersturm, Aufriß des Vierorts (Nordseite).

**Nordseite des Vierorts** (Abb. 82)

Ist		Fuß		Soll		Diff.	
1,358 m		4'4"		1,35 m		— 1 cm	
5,175	5,605	16'8"	18'	5,18	5,60	—	—
0,43		1'4"		0,41		— 2	
5,62	6,05	18'2"	19'6"	5,65	6,06	+ 3	+ 1
0,43		1'4"		0,41		— 2	
6,00	6,423	19'4"	20'8"	6,01	6,43	+ 1	+ 1
0,423		1'4"		0,41		— 1	
10,44	10,95	33'6"	35'3"	10,42	10,96	— 2	+ 1
0,51		1'9"		0,54		+ 3	
3,885		12'6"		3,89		—	
2,735		8'9"		2,72		— 2	
(0,31)		1'		0,31		(—)	

**1. Turmschaft Südseite des Achtorts** (Abb. 83)

Ist		Fuß		Soll		Diff.	
5,75 m		18'6"		5,75 m		— cm	
2,73	(32,585) <sup>673</sup>	8'9"	105'	2,72	32,65	— 1	(—)
4,52		14'6"		4,51		— 1	
(3,42)		11'		3,42		(—)	
(0,84)		2'9"		0,85		(+ 1)	
(0,595)		2'		0,62		(+ 2)	
(8,92)		28'9"		8,94		(+ 2)	
(5,415)		17'6"		5,44		(+ 2)	
(0,395)		1'3"		0,39		(—)	

**2. Fialbekrönung der Spornfeiler**

(2,03)	(7,13)	6'6"	23'	2,02	7,15	(— 1)	(—)
(1,48)		4'9"		1,48		(—)	
(3,62)		11'9"		3,65		(+ 3)	

**3. Fialfeiler**

10,90	31,37	35'	101'	10,88	31,40	— 2	+ 3
0,83		2'9"		0,85		+ 2	
4,42		14'3"		4,43		+ 1	
1,31		4'3"		1,32		+ 1	
6,38		20'6"		6,37		— 1	
2,74		8'9"		2,72		— 2	
3,25		10'6"		3,26		— 1	
1,54		5'		1,55		+ 1	

**Vertikalschnitt des Helmes** (Abb. 84)

Herr Münsterbaumeister Dr. Booz hat die vertikale Distanz vom Fußboden der Achtortgalerie bis zum Knauf der Kreuzblume des Helms zu 45,08m eingemessen.



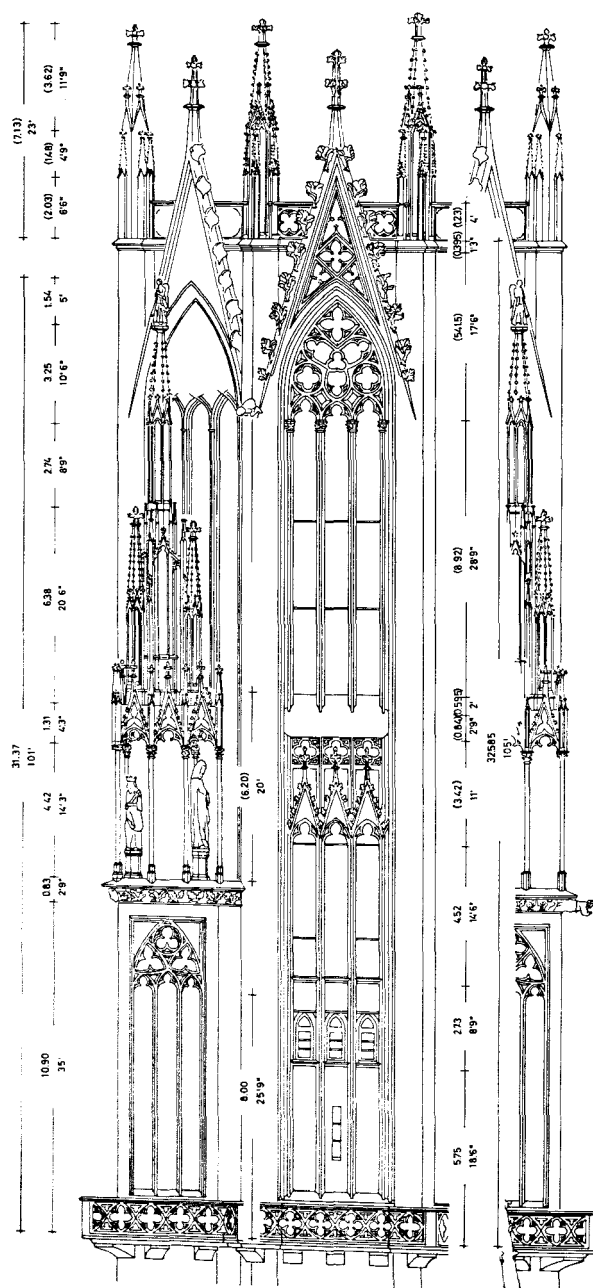


Abb. 83. Freiburg Münsterturm, Aufriß des Achtorts (Südseite).

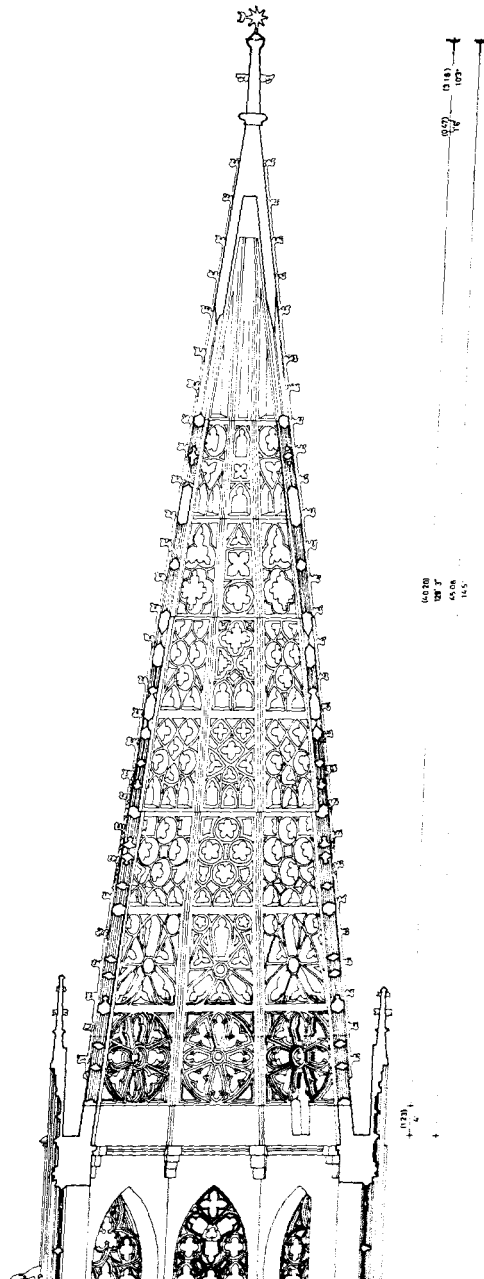


Abb. 84. Freiburg Münsterturm,  
Schnitt durch den Helm  
(nach Norden gesehen).

45,08 m                      145'                      45,09 m                      + 1 cm

Bezifferte Teilmaße des Helms stehen nicht zur Verfügung. Führt man die genannte Höhe in den im Maßstab 1:20 vorliegenden Vertikalschnitt des Helms ein, lassen sich angenäherte Teilmaße gewinnen:

(3,18 m)	} 3,65	10'3"	} 11'9"	3,19	} 3,65	(+ 1 cm)
(0,47)		1'6"		0,47		(—)
(40,20)		129'3"		40,19		(—)
(1,23)		4'		1,24		(— 1)

Im größten dieser Teilmaße ist die Höhe der sieben Maßwerkkränze mit 28,10m enthalten. Die Höhe eines Kranzes entspricht nahezu 13'. — Die Wandstärke des Helms beträgt unten 0,57 m, oberhalb des dritten Kranzes nur noch 0,42 m<sup>674</sup>.

0,57 m	1'10"	0,57 m	—
0,42	1'4"	0,41	— 1

Die Differenz beider Maße beträgt 6".

### C. Auswertung

Die Ermittlung der Maßeinheit stützt sich in der letztmöglichen Annäherung auf die Summe der verfügbaren Baumaße und die Summe der entsprechenden Fußzahlen:

Horizontalmaße	306,887 m	986,50'
Vertikalmaße	153,476	494,00
	<u>460,363</u>	: <u>1480,50</u> → 31,095 cm

In dieser Maßeinheit<sup>675</sup> lassen sich die hauptsächlichen Baumaße des Münsterturmes nach einfachen, runden Fußzahlen angeben (Abb. 85): das Achsmaß der westlichen Strebepfeiler 40', die Breite des Turmes einschließlich der seitlichen Strebepfeiler 80', die Höhe des Vierorts 120', die Höhe des Achtorts 105', die Höhe des Helmes 145', die Höhe des Oberbaues 250', die Höhe des Turmes 370'.

<sup>672</sup> Herr Münsterbaumeister Dr. Booz war so liebenswürdig, auf meine Rückfrage hin die Vertikalmaße des Turmes nochmals einzumessen. Für die Höhe des Vierorts ermittelte er 37,335 m.

<sup>673</sup> Das Ergebnis der genannten, 1966 durchgeführten Vermessung war 32,69 m. In der Berechnung ergab sich daraus als Differenz — 4 cm (statt + 7 cm).

<sup>674</sup> F. KEMPF. Unser lieben Frauen Münster, in: Freiburg im Breisgau, die Stadt und ihre Bauten, hrsg. vom Badischen Architekten- und Ingenieur-Verein, Freiburg i. Br. 1898, S. 268. — KEMPF-SCHUSTER 1906, S. 18.

<sup>675</sup> MÖSSEL (1926, S. 88) war von der „Höhe der Galerie des Turmvierecks“ ausgegangen. Zutreffend ist:

Vorhalle FB bis Stern Galerie FB	37,35 m	120'	37,31 m	— 4 cm
Brüstung der Stern Galerie	(1,24)	4'	1,24	(—)
Summe	(38,59)	124'	38,56	(— 3)

Mössel kam der zutreffenden Fußzahl nahe, da sich in seinem Vorgehen zwei Fehler — irriges Baumaß und irrige Maßeinheit — in diesem einen Fall nahezu ausglich. — Wangart hat das Achsmaß des Mittelschiffs (11,34 m = 35') und das Jochmaß des Langhauses (7,02 m = 21'8") samt dem goldenen Schnitt und der Höhe des gleichzeitigen Dreiecks als Grundlagen des Entwurfs bezeichnet. Zutreffend ist:

11,34 m	36'6"	11,35 m	+ 1 cm
7,02	22'6"	7,00	— 2

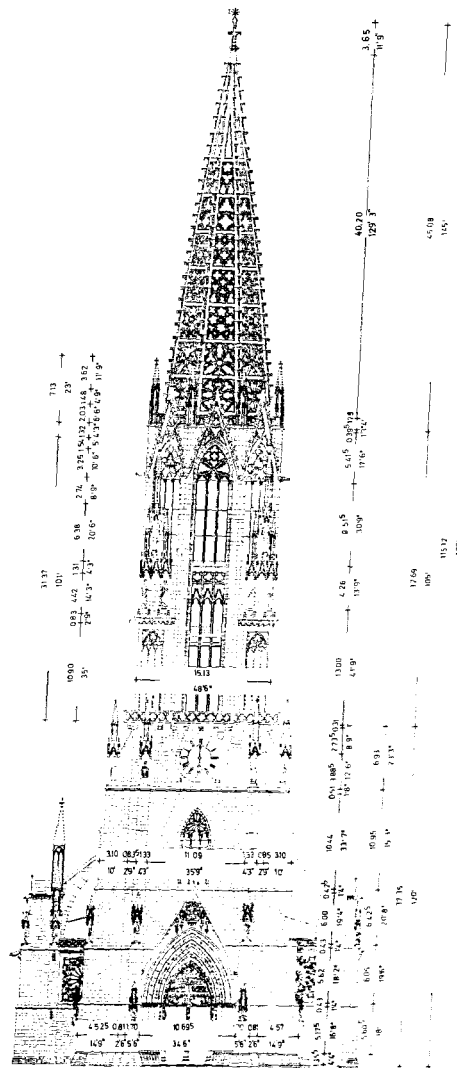


Abb. 85. Freiburg Münster, Aufriß.

In dieser Berechnung wurden etwa 150 Baumaße des Münsterturnes verwendet. Zwischen diesen Baumaßen und den jeweils genannten Vielfachen der Maßeinheit stellten sich Differenzen heraus, die sich innerhalb  $\pm 7$  cm bewegen: für 86 % der Baumaße beträgt dieser Spielraum  $\pm 3$  cm.

Diese Differenzen sind ausnehmend gering. Sie sind so gering — man erinnere sich der in die Dezimeter und Meter gehenden Differenzen der geometrischen Proportionierungen dieses Turmes —, daß in ihnen außer der unvermeidlichen

Bau- und Meßungenauigkeit nicht überdies Differenzen enthalten sein können, wie sie aus der Nichtübereinstimmung von Baumaßen und irrig begründeten Thesenmaßen, d. h. aus der Nichtübereinstimmung von gebauter Wirklichkeit und irriger These zwangsläufig hervorgehen. Mit solchen geringen Differenzen dürfte demnach Maß und Zahl als Voraussetzung des Entwurfs und als Voraussetzung der Bauausführung nachgewiesen sein.

In diesen geringen Differenzen wird überdies die Fähigkeit des gotischen Architekten sichtbar, mit seinen Werkleuten zusammen ein in der Gestaltung höchst anspruchsvolles, 115 m hohes Bauwerk trotz einfachster Meßhilfen mit einer geradezu bewundernswerten Maßgenauigkeit zu erstellen.

Nicht diese oder jene Proportionsfigur — das „rechte Maß“ ist die Voraussetzung der Proportionen des Freiburger Münsterturms.

### D. Schluß

Maßeinheit und Fußzahl des Freiburger Münsterturmes scheinen in der Chronik des Jacques Coudrefin ihre Bestätigung zu finden<sup>676</sup>.

Herzog Albrecht VI. von Österreich hatte die Ratsherren der üchtländischen Stadt Freiburg im Oktober 1449 ihres Amtes enthoben und gefangen gesetzt. Einige dieser Herren hatten sich nach Freiburg im Breisgau zu begeben, wo sie im Februar 1450 das Münster besuchten. Entsprechend dem Bericht der Zurückgekehrten notierte Coudrefin einige Baumaße des Turmes<sup>677</sup>, darunter: „... et a ledit cloché de largeur dessus 40 piedz.“ In der vorliegenden Schreibung — Coudrefins Text ist nur in einer 1555 gefertigten Abschrift erhalten<sup>678</sup> — kann diese Mitteilung nicht zutreffen, denn der Turm „oben“, d. h. der Achort, zu 40' Breite gemessen, würde ein  $15,13:40 = 37,82$  cm langes Fußmaß voraussetzen, das es in Deutschland nicht gab. Rechnen wir aber mit der Möglichkeit, durch ein Mißverständnis des Chronisten oder durch einen Irrtum des Kopisten<sup>679</sup> sei „dessus“ aus „dessous“ entstanden, suchen wir also das genannte Horizontalmaß im Unterbau des Turmes, bieten sich drei Möglichkeiten an: die Breite des Turmes einschließlich der seitlichen Strebepfeiler, die Breite des Turmschaftes und das Achsmaß der westlichen Strebepfeiler. Der 40ste Teil dieser Strecken entspricht 62,02, 39,28 und 31,02 cm. Der zuletzt genannte Wert geht mit einer geringen, in der Bauungenauigkeit begründeten Differenz mit der hier ermittelten Maßeinheit (31,095 cm) überein.

Die Breite des Freiburger Münsterturmes „unten“ mit 40' genauso anzugeben, wie hier in Abb. 85 geschehen, mochte naheliegen, ist doch das Achsmaß der

<sup>676</sup> Zum Folgenden BUCHI 1905, S. 221 ff.

<sup>677</sup> Vgl. Anm. 619 und 615.

<sup>678</sup> Herrn Prof. Dr. A. A. Schmid in Fribourg habe ich für die Übermittlung einer Fotokopie des Textes sehr zu danken (Kantons- und Universitätsbibl. Freiburg i. Ü., Sign. L 1152, S. 324 f.).

<sup>679</sup> Dem Kopisten sind größere Irrtümer unterlaufen, vgl. BUCHI 1905, S. 228.

westlichen Strebepfeiler das einzige Horizontalmaß des Turmes, das vom Sockel an bis zur Stern galerie hinauf unverändert bleibt.

## X. Die Maßstäblichkeit der gotischen Bauzeichnung

Nicht nur in der älteren Literatur, auch bei jüngeren Autoren findet sich die Mitteilung, in Kenntnis eines heute unbekannten Verfahrens sei der gotische Architekt fähig gewesen, ein Bauwerk aufzuführen, ohne zuvor einen Entwurf zu zeichnen. Die schriftliche Überlieferung ist dieser Meinung nicht.

Einer „Anweisung“ des Meisters Michael von Canterbury entsprechend war 1315 im königlichen Schloß Eltham eine Stützmauer zu bauen<sup>680</sup>. Mit Hinweis auf vorliegende Schablonen, Maße und Zeichnungen wurde ein Umbau der Boxley Abbey 1373 in Auftrag gegeben<sup>681</sup>. Nach Zeichnung und Schablone des Meister Henry Yvele war 1395 im Westminster Palace ein Gesims einzufügen<sup>682</sup>. Wie in dem auf Pergament gezeichneten Plan vorgesehen, waren 1410 drei Fachwerkhäuser in der Londoner Friday Street aufzurichten<sup>683</sup>. Nach der vorliegenden Zeichnung — „oder besser“ — sollte in Andover 1444/45 ein Gasthaus gebaut werden<sup>684</sup> und, ebenfalls einer Zeichnung entsprechend, 1516 in Holywell ein Gutshaus<sup>685</sup>.

Diese Nachrichten stammen aus England. In Frankreich und in Deutschland werden die Architekten nicht anders vorgegangen sein als ihre Kollegen in England. Auch sie dürften Zeichnungen nicht nur für Dome und Rathäuser, sondern auch für Stützmauern und Gesimse, für Bürgerhäuser und Gasthöfe geliefert haben.

Nicht wenige Bauzeichnungen des Mittelalters werden als Graphiken hohen Ranges angesprochen. Doch unterscheiden sie sich von Graphiken anderer Art nicht lediglich im Gegenstand und in der Art der Darstellung. Die Bauzeichnung bietet auf der einen Seite den Niederschlag eines auch nach sachlichen Erfordernissen durchgearbeiteten Entwurfsgedankens, auf der anderen Seite wendet sie sich an jeden, der auf dem Reißboden, in den Werkstätten und an der Baustelle tätig ist, mit der bestimmten Aufforderung, sobald mit dem Bau begonnen wird, dies und jenes und nichts anderes zu tun. Diese Aufforderung muß für die Ausführenden eindeutig und verständlich sein.

Eindeutig ist sie, wenn das zu schaffende Bauwerk nicht bildmäßig, sondern in orthogonalen Projektionen wiedergegeben wird, denn nur derart lassen sich

<sup>680</sup> „Solonc lespessure avantdit par lavissement le dit Mestre Michel (de Cant'bir')". (SALZMAN 1967. S. 423).

<sup>681</sup> „Juxta formas et mensuras moldas et portreturas inter eos inde intendatas" (ebenda S. 449).

<sup>682</sup> „Et ferront la dite table selonc le purport dane forme et molde faitz par conseil de Mestre Henry Yvelecy" (ebenda S. 472).

<sup>683</sup> „Accordauntz a un patron des ditz Shoppes Sales Chaumbres Spences et Cusynes measons et Roofes en parchemyn faites et limites" (ebenda S. 483).

<sup>684</sup> „After a portratur ther of mad or better" (ebenda S. 518).

<sup>685</sup> „According to a plate drawonne for the same" (ebenda S. 570).

Abmessungen in ihren Verhältnissen und Lagebeziehungen eindeutig darstellen. Die orthogonale Projektion ist demnach zunächst ein unentbehrliches Hilfsmittel der Verständigung<sup>686</sup>, erst danach ist sie eine Voraussetzung der künstlerischen Graphik.

Verständlich ist die Aufforderung, wenn der Ausführende in der Lage ist, ihr die Anweisung auf ein dreidimensionales Gebilde maßrichtig zu entnehmen.

Maßrichtig — wie also hatte der Ausführende die in der Zeichnung festgelegten Maße zu verstehen: als irrationale oder als rationale Vielfache der Maßeinheit? Oder auf den Arbeitsvorgang bezogen: Hatte er sich an die Punkte und Strecken einer Proportionsfigur zu halten oder hatte er die Maße nach Maßeinheiten anzutragen?

Die Bauverträge, von denen die Rede war, weisen auf Bauzeichnungen hin, sie nennen in diesem Zusammenhang Maßzahlen.

Aber gerade die Bauzeichnungen der Gotik sollen beweisen, daß am Reißbrett — und folglich auch auf der Baustelle — nicht mit Maßeinheiten, sondern mit Proportionsfiguren gearbeitet wurde.

Fragen wir also nach den Blindrillen, nach den „Meßlinien“ und nach der Maßstäblichkeit der gotischen Bauzeichnungen.

### A. Blindrillen gotischer Bauzeichnungen

Auf dem Reißbrett kann eine Reinzeichnung nicht ohne Vorzeichnung entstehen.

Heute fertigen wir die Vorzeichnung in Bleistift, die Reinzeichnung in Bleistift oder Tusche entweder auf demselben Blatt oder auf einem über die Vorzeichnung gespannten transparenten Bogen. Von der Vorzeichnung ist in der fertiggestellten Reinzeichnung heute in aller Regel nichts zu sehen.

Auch der gotische Architekt hat am Reißbrett zunächst die Vorzeichnung aufgerissen<sup>687</sup>. Er bediente sich dabei eines aus Metall hergestellten Stiftes (Abb. 86), dessen abgerundete Spitze in der Zeichenfläche feine, im Seitenlicht oft noch heute sichtbare Rillen hinterließ<sup>688</sup>. Die Musterbücher nennen diesen „blinden Riß“ mehrfach<sup>689</sup>.

Hat sich der gotische Architekt der Proportionsfiguren am Reißbrett bedient, müssen sich solche Figuren in der Blindrillenzeichnung der Risse nachweisen

<sup>686</sup> In gewissen Fällen — etwa in der gradansichtigen Darstellung der Schrägseiten eines Achtorts — folgte der Zeichner nicht den uns geläufigen Regeln der darstellenden Geometrie. Solche „Fehler“ können die erstrebte Verständigung nicht beeinträchtigen.

<sup>687</sup> Über Material und Gerät des Zeichners berichtet RIVIVS (1548, Bl. X v): „Das er aber durch das reissen vnd) entwerffen, des so er machen will, sein fürschlag vnd verstand anzeigen mög, hat man diser zeit gar mancherley manier vnd bereitschaft, des gleichen mancherley subtiler behendigkeit, als die bletter der schreibtafflen darauff man reissen vnd entwerffen mag mit silber oder messing grifflein, oder steifte, wie auch verbeinte papier, solches alles mag man mit pley oder zyn erhöhen oder schatirn, das holtz mag man gleicher gestalt verbeinen vnd also brauchen, wiewol man auch mit reißschwartz darauffreiset zum formenschneiden, so reisset man mit der feder auff papier, deßgleichen mit kolen vnd reißschwartz“. — Vgl. BOOZ 1956, S. 68.

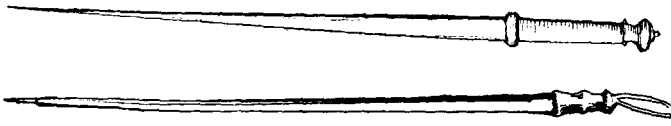


Abb. 86. Blindrillenstifte, nach einem Bildnis um 1530.

lassen. Umgekehrt: Sobald Proportionsfiguren in der Vorzeichnung gotischer Risse nachgewiesen werden, ist die viel diskutierte Frage zugunsten der Proportionsfiguren entschieden.

Jede Entscheidung in dieser Frage wäre für die These von grundlegender Bedeutung. Um so überraschender, daß das Gespräch der Autoren diesen Verlauf nahm:

Karl Staatsmann 1910 (II S. 107) „Richtungshilfslinien von Proportionierungen sind in keinem [Straßburger] Plane eingetragen“.

Karl Witzel 1914 (Vorwort) „... ein gesicherter Beweis dafür wird schwerlich zu führen sein, denn weder in der Literatur jener Zeit, noch in sonstigen erhalten gebliebenen Baurissen und Pergamenten findet man in Deutschland irgend eine Spur, aus der mit Gewißheit der Tatbestand zu beweisen wäre“.

Felix Durach 1928 (S. 23) „... daß der Baumeister beim Zeichnen dasselbe Proportionierungsprinzip anwandte, wie er es mit seinen Leuten auf dem Platz... praktizierte. Das läßt sich den vom 13. Jh. ab erhaltenen Zeichnungen entnehmen. Diese weisen teilweise noch die geometrisch-figuralen Konstruktionslinien auf...“

Viktor Curt Habicht 1933 (S. 85) „Mit „Wiederkäuen“ und „Ansichten“ läßt sich die sehr dringliche Frage nach den Grundriß- und Aufrißkonstruktionen, deren eindeutige Beantwortung in höchst aufschlußreiche Entstehungsvorgänge einführen würde, sicher auch nicht mehr erledigen. Es handelt sich dabei um die richtungsgebende — oder nicht? — Einbeziehung von Hilfskonstruktionen (Quadratur, Triangulation)“.

<sup>688</sup> Mit einer zu scharfen Spitze kann der Blindrillenstift die Oberfläche des Pergaments aufreißen (Ulm Stadtbibl. Pl. 10 v). — Mit diesem Stift (graphis, stilus) schrieb man zunächst auf Wachstafeln. Die antiken Buchschreiber benützten ihn dazu, auf Pergament senkrechte Linien für die Begrenzung der Kolonnen und waagrechte Linien für die Zeilen zu ziehen; auf Papier bedienten sie sich in gleicher Absicht einer Scheibe aus metallischem, leicht abfärbendem Blei (molybdos, plumbum) (F. BLASS, Paliographie, Buchwesen, Handschriftenkunde, in: Handb. d. klass. Altertumswiss., hrsg. von J. Müller, Bd. 1. Einleitende und Hilfsdisziplinen, Nördlingen 1886, S. 318). — Vgl. auch MEDER 1919, S. 72 ff.; KLETZL 1939, S. 13; GRIMSCHITZ 1947, S. 42; BOOZ 1956, S. 72.

<sup>689</sup> RORITZER (Bl. 10): „... du al tail riss (Hilfslinien) noher so pleibt nur dy rechten riss dy noturftig sein ...“ (vgl. Anm. 454). — SCHMUTTERMAYER (Bl. 2a, 3a): „pli(n)tstrich“. (Bl. 3b) „wann du die ryssen mit dem zirckel zeuchst, so zeuch nit wexter dann auff den plint ryssen“. — LACHER (10): „... reiß mit einem Circkhel einen blind(en) riß vmb die fierung, ... vnd reiß ein andere fierung, dem blind(en) Circkhel riß nach ...“ — Die Reinzeichnung wurde mit der an der Schiene laufenden Reißfeder hergestellt, die, scharf geschliffen, ein Pergament ritzen oder gar durchtrennen konnte (R. ZAHN Die Westfassade und das Westportal des Domes in Regensburg, in: Münchner Jahrbuch der bild. Kunst, NF VI, 1929, S. 390). Spätantike Reißfedern sind bekannt, deren Spaltbreite durch Vor- und Zurückschieben eines die Federbacken umschließenden Ringes zu verändern war. (A. BAUMEISTER, Denkmäler des klassischen Altertums, Bd. 3. München und Leipzig 1888, Abb. 1646/47. — FELDHAUS 1931, Abb. 207/08). Die in Dürers Wohnhaus gefundene Reißfeder ist genauso konstruiert (GROTE 1959, Abb. 17). Bei Reißfedern des 18. Jh. wird die Spaltbreite der Federbacken, wie seitdem üblich, durch einen Gewindetrieb reguliert (SANDHART-VOLKMAN 1770, S. 5). — Figürliches und Vegetabilisches wurde in der Reinzeichnung mit der Zeichenfeder nachgetragen.



gulator usw.) in die für den künstlerischen Eindruck entscheidende Plangestaltung des Grundrisses, der „Schnitte“, des „Aufrisses“ usw. Die wirklich überzeugende Lösung dieser viel diskutierten . . . Frage kann einem stichhaltigen Ergebnis natürlich auch nur durch Beibringung von Originalzeichnungen näher gebracht werden“.

*Walter Thomae 1933* (S. V) „Die Beobachtung, daß in den Bauzeichnungen des gotischen Mittelalters hie und da einkonstruierte gleichseitige Dreiecke zu finden sind, hat eine Reihe von Kunstgelehrten des 19. Jahrhunderts veranlaßt, diese Figur zu einem gotischen Entwurfsprinzip zu erheben“.

*Theodor Fischer 1934* (S. 58) „Es scheint nun von Wichtigkeit zu prüfen, ob etwa in den verhältnismäßig wenigen Baurissen des Mittelalters Spuren einer Figurierung zu finden sind . . . Spuren einer tatsächlichen Einzeichnung sind, wie es scheint, nicht zu finden; das könnte man wieder mit Hüttenvorschriften zu erklären suchen“.

*Otto Kletzl 1935* (S. 7) „Thomae scheint aber echte Architektur-Zeichnungen, wie sie uns im Rahmen deutscher Hoch- und Spätgotik durchaus nicht spärlich erhalten sind, auf triangulierende Hilfskonstruktionen hin gar nicht untersucht zu haben. Gerade hier . . . muß man aber doch den Hauptbeweis für die tatsächliche Anwendung von Triangulierungsmethoden suchen. Ich habe allein die aus der alten Bauhütte von St. Stephan in Wien stammenden Werkzeichnungen daraufhin untersucht; auch diese Plansammlung nur im Hinblick auf eine begrenzte Aufgabe. Selbst in solchem Rahmen ließ sich aber schon ein einwandfreies Zeugnis für die Anwendung der  $\pi/4$ -Triangulation ausfindig machen. Es handelt sich um die Rückseite des Blattes Nr. 16.820 der Akademie-Bibl. Wien, welches in H. Tietzes Edition der Werkzeichnungen aus der alten Wiener Bauhütte mit Recht als „Schematischer Grundriß des Prager Domes, und zwar nach dem von der Ausführung abweichenden älteren Entwurf“ bezeichnet wird<sup>689a</sup> . . . Kopie des uns unbekannten Originalplanes . . . Das ändert jedoch wenig an dem dokumentarischen Wert dieser Zeichnung, in der wir einen klaren Beweis für die Anwendung der Triangulation auf Grund des  $\pi/4$ -Dreiecks besitzen . . . Ein Beweis dafür, daß der . . . Chor des Domes auf dem Hradschin ein Vorchor von vier Jochen erhalten sollte, kann man in dem Verlauf jenes Teiles eines fundamentalen  $\pi/4$ -Dreiecks erblicken, der auf dem erhaltenen Teilstück der Plan-Kopie sichtbar ist“.

*Walter Ueberwasser 1935* (S. 259) „Jeder solcher Plan aber wird alsbald in sauberer Pause (ohne alle Maßstäbe, nur mit einigen blind eingedruckten Achsen) „nachgegan“, wie es Roritzer nennt<sup>690</sup>. Weil fast nur saubere Pausen aufbewahrt wurden, deshalb muß die Sache so lange verborgen und unbegriffen geblieben sein“.

*Viktor Curt Habicht 1937* (Sp. 963) „Die letzte und wichtigste Quelle: Pläne, mit eingezeichneten Konstruktionen, ist mit deutschen Beispielen nicht vertreten . . . dürfen die zufällig überkommenen italienischen Beispiele aber doch als Belege für die Tatsache an sich genannt werden, zumal sie als „deutsche“ Auffassung z. T. ausdrücklich bezeichnet sind . . . Es sind das alles späte und charakteristischerweise Streitobjekte. Wo solche Hemmungen wegfielen, war kein Anlaß, die Hilfsmaßnahmen einzuzichnen“.

*Wilhelm Funk 1938* (S. 124) „Nur selten findet man aber auch auf alten Plänen Spuren von Schlüsseln, ein Beweis für das Geheimhalten der Maßgesetze“.

<sup>689a</sup> TIETZE 1930, S. 19; 1931, Abb. 172.

<sup>690</sup> „Du al tail riss noher“ gibt Geldner in seiner Textübertragung wieder mit „beseitige alle Teilstriche (Hilfslinien)“ (siehe RORITZER 1486, hrsg. von F. Geldner 1965, S. 55).

*Otto Kletzl 1939* (S. 15) „Die Meisterreplik des Prager Mathiasplanes Nr. 16820 in Wien ist sogar eines der ganz wenigen Stücke, bei denen solche Blindrillenvorzeichnung auch die Konstruktionsweise mit Hilfe einer bestimmten Triangulation erkennbar werden läßt.“

*Walter Ueberwasser 1939* (Beiträge S. 305) „Jede neuere Kritik wird den von Walter Thomae mit Recht geforderten Ausgangspunkt akzeptieren: Anknüpfen an die literarisch-graphische Überlieferung, Zeichnungen, Pläne... Thomae behauptete, daß die klassische Gotik keine „Hilfslinien“ angewandt habe, da er in Villard de Honnecourts Bauzeichnungen keine solchen bemerkte. Ob sie unsichtbar gemacht, demnach zuvor gebraucht gewesen sind, wie Hahnloser in seiner großen Villard-Ausgabe nachwies, untersucht er nicht.“

*Otto Kletzl 1941* (Straßburg S. 19) „... unter Umständen genügte dann eine stenogrammartige Notiz der Triangulation, um die Hauptmaße der Proportion selbst eines nicht einfachen Planes verständlich weiterzugeben... Hier muß der Hinweis genügen, daß sich die Anwendung dieser Faustformeln nicht nur in der Blindrillen-Konstruktion gotischer Werkrisse... nachweisen läßt.“

*Adolf Wangart 1953* (S. 231) „Die Grundmaße erhalten Werte skalarer Größen, die am Bau angetragen werden konnten, ohne daß es nötig war, jeweils das ganze Liniennetz zu entwickeln. In diesem Sinne ist der vielfach erhobene Einwand, daß wir keine zeitlichten Risse mit Einzeichnung der Triangulationen und Vierungen besitzen würden, abzulehnen... Schon aus Gründen der Geheimhaltung dieser primärsten Grundlagen wird man dem Sinne des viel umrätselten Bauhüttengeheimnisses die für breitere Kreise bestimmten Risse nicht mit den grundlegenden Liniennetzen versehen haben.“

*Josef Csemegi 1954* (S. 33) „Selbst wenn auf keinem der erhaltenen mittelalterlichen Baurisse irgendeine Spur von Anwendung des Proportionsnetzes oder der Konstruktionsmethoden zu sehen ist, so ist doch — ausnahmsweise — eine Skizze des Mailänder Dombaumeisters Stornalocco vom Jahre 1391 erhalten geblieben, die den Querschnitt des Domes mit einem eingezeichneten Dreiecks-Proportionsnetz wiedergibt... Nun steht aber das Skizzenhafte dieser Zeichnung in vollem Gegensatz zu dem ausgearbeiteten Zustand sonstiger mittelalterlicher Bauzeichnungen. Deshalb wird daraus gefolgert, dass mit Ausnahme solcher skizzenhaften Zeichnungen die Meister des Mittelalters bewußt das Einzeichnen der Proportionsnetze vermieden, um deren Benutzung Uneingeweihten nicht zu ermöglichen. Man hat also im Mittelalter beim Entwerfen diese technischen Arbeitsmethoden gewissermassen als Berufsgeheimnisse behandelt“. — (S. 38) „Diese Erkenntnis gibt also eine befriedigende Erklärung für die Tatsache, warum sich keinerlei Spuren von Proportionsnetzen und Konstruktionen auf mittelalterlichen Rissen finden: sie waren nämlich Hüttengeheimnisse“.

*Wilhelm Funk 1955* (S. 22) „Die besten Quellen wären wohl Originalentwürfe zu Bauwerken mit eingezeichneten Schlüsselfiguren. Allein gerade diese sind besonders selten und zwar aus einem einfachen Grund. Im Ablauf des künstlerischen Schaffensprozesses kann das Verfahren nur in der Phase der sog. Entwürfe eingesetzt werden. Wenn der sauber gezeichnete „Reinplan“ für den Bauherrn fertiggestellt ist, haben diese Entwürfe ihren Zweck erfüllt und werden dann eben vernichtet, einst genauso wie heute noch. Schließlich hat auch kein Baukünstler besonderen Anlaß, jedem Laien zu verraten, wie er zu seinem Plan kam“.

Karl Freckmann 1965 (S. 205) „Vermutlich haben die großen Baukünstler diese unseres Wissens in der Literatur nirgends ausdrücklich erwähnte Methode stillschweigend gepflegt, aber sicherlich nicht als eigentliches Geheimnis, sondern als einen Werkstattvorgang, der sich von selbst versteht und von dem deshalb gar kein Aufheben gemacht wurde... Damit erklärt sich auch, daß in überkommenen Planfragmenten bislang keine Spur einer solchen Einteilung gefunden wurde; die ersten Skizzen und Entwürfe wurden vernichtet, wenn die Ausführungszeichnungen fertiggestellt waren“.

Dieses Gespräch ist in mehrfacher Hinsicht seltsam verlaufen.

Zunächst ein offenkundiger Widerspruch: Aus der wie selbstverständlich vorausgesetzten Existenz proportionierender Vorzeichnungen wird geschlossen, der Architekt habe sich am Reißbrett der Proportionsfiguren bedient. Die Nichtexistenz proportionierender Vorzeichnungen wird genauso selbstverständlich im Hüttengeheimnis begründet, womit ebenfalls als bewiesen gilt, der Architekt habe sich am Reißbrett der Proportionsfiguren bedient. Die Existenz proportionierender Vorzeichnungen und die Nichtexistenz solcher Vorzeichnungen können aber nur unter der Voraussetzung zum gleichen Schluß führen, daß der Schluß a priori feststeht. Mit solcher Logik hat aber jedes Beweisführen ein Ende.

Weiter: Schlüsselfiguren hat der gotische Architekt nur in seinen Vorentwürfen benützt, die nach Fertigstellung der Reinzeichnungen nicht aufbewahrt wurden. Wie sollen aber Vorentwürfe, die nicht existieren, diese Arbeitsweise belegen?

Schließlich: In dieser Streitfrage ist nur an Hand dokumentarischer Belege zu entscheiden. Vier Belege wurden genannt: das Diagramm des Stornaloco, die Holzschnitte des Cesariano, der Kupferstich nach Carrazzi. Von diesen dreien, die keine Vorzeichnung eines Originalplanes bieten, ist nicht nochmals zu reden. Bleibt als vierter der Grundriß des Prager Domchores (Wien Ak. 16820, Abb. 87). Zu diesem Riß hat mir Herr Prof. Dr. Koepf in Wien, der derzeit beste Kenner der Wiener Plansammlung, freundlichst mitgeteilt: „Der Plan ist etwas verkümmert, links scheint ein Teil zu fehlen. Durch Blindrillen sind Achsen und Pfeilerbreiten vorgeissen. Die Pfeiler sind durch zwei konzentrische Kreise angedeutet. Das Profil ist freihändig gezeichnet. Ein „Dreieck“ ist nicht vorhanden, sondern nur zwei Rillen ähnlicher (spiegelbildgleicher) Neigung, die *ergänzt* aber nicht auf 45° ausgehen. Die obere (nördliche) Schrägrille zielt genau auf die Mitte des Pfeilers, hört aber am Beginn des größeren Kreises auf, die untere (südliche) Schrägrille ist doppelt geführt, ginge aber in ihrer (nicht vorhandenen) Verlängerung nördlich am Pfeiler vorbei. Neben der Nord-Süd-Achse der Pfeiler ist östlich noch eine Rille, die genau bis zur Mittelachse des Raumes geht und dort abbricht. Südlich steht diese im rechten Winkel auf einer W-O-Basislinie“.

So ist also die Vorzeichnung beschaffen, die Kletzl (1935, S. 57) als „einwandfreies Zeugnis für die Anwendung der  $\pi/4$ -Triangulation“ und als „einen klaren Beweis für die Anwendung der Triangulation auf Grund des  $\pi/4$ -Dreiecks“ angeboten hat.

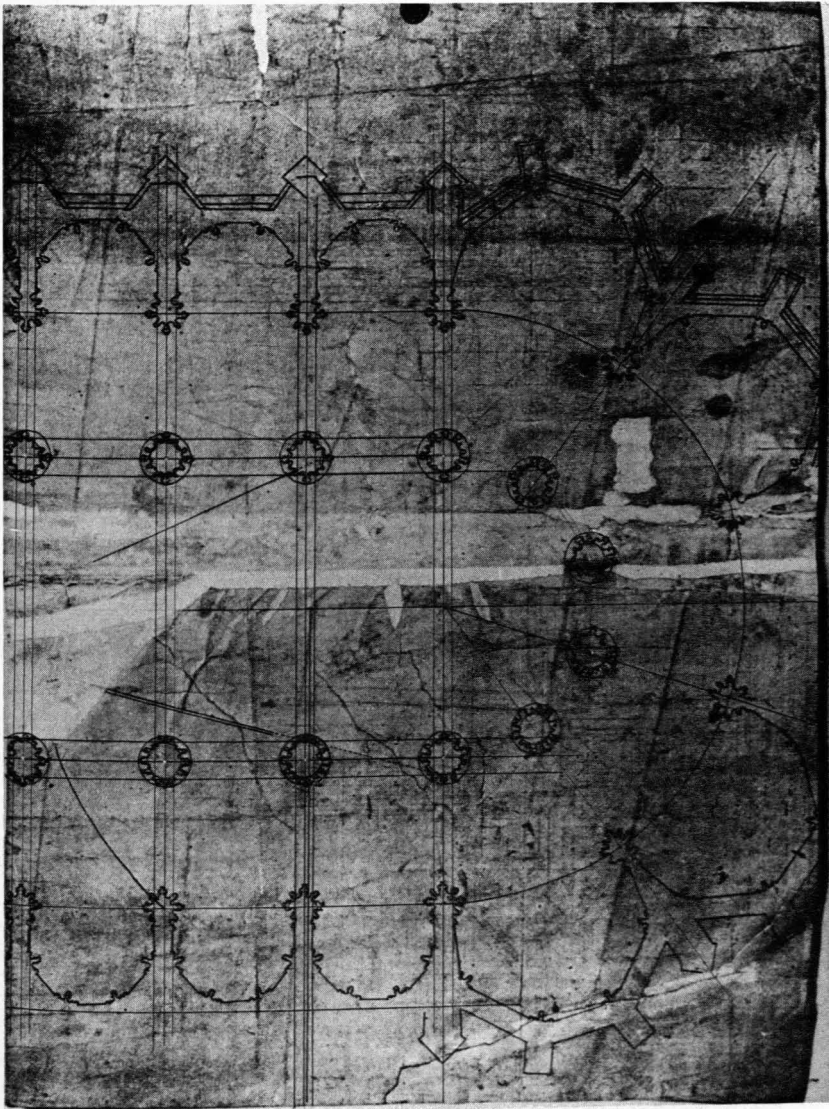


Abb. 87. Blindrillen-Vorzeichnung im Grundriß des Prager Domchores (Wien Ak. 16820 r).

Nachdem außer diesem einen Beweisstück kein weiterer Riß genannt wurde, der in seiner Vorzeichnung eine Proportionsfigur ausweisen soll, wäre die Frage der proportionierenden Vorzeichnung negativ beantwortet, nicht aber die Frage nach Art und Zweck der Vorzeichnung selbst.

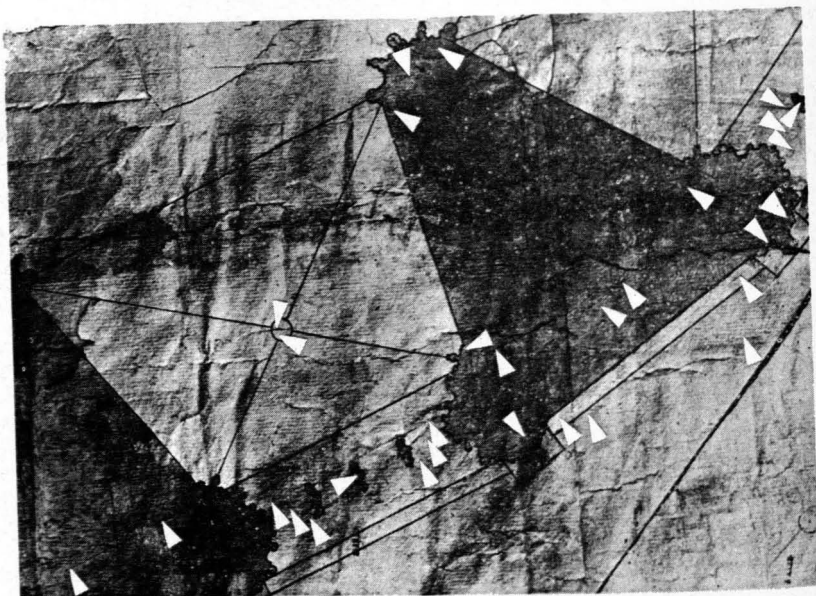


Abb. 88. Kuttenberg St. Barbara, Ausschnitt des Chorgrundrisses (Wien Ak. 16841).  
Die Pfeile weisen auf die Blinddrillen der Vorzeichnung.

Abb. 88 zeigt einen Ausschnitt des Grundrisses der Kuttenger Barbara-kirche (Wien Ak. 16841). Selbst im Rasterdruck der Abbildung dürfte erkennbar sein, daß der Zeichner die Fluchten der Pfeiler, die Fluchten der Mauern, dazu in den Fenstern die Fluchten und die Achsen des Stabwerks mit dem Blinddrillenstift vorgerissen hat.

Solche Vorzeichnungen finden sich in gotischen Rissen häufig. Auf Fotos, die bei schräg einfallendem Licht aufgenommen wurden, sind die Blinddrillen, soweit sie nicht in Richtung des Lichteinfalls laufen, deutlich zu erkennen<sup>691</sup>. In Grund-

<sup>691</sup> Im Folgenden einige Hinweise auf Blinddrillen, soweit sie auf Photographien — alle von Foto Marburg — erkennbar sind: **Augsburg Dom** Chor Grundriß (Wien Ak. 16 846; FM 136 789): Im Langchor die Fluchten der Pfeilermittelpunkte in der Längs- und Querrichtung; im Chorschluß die entsprechenden polygonal bzw. radial laufenden Fluchten; in den Kapellen die Achsen und Fluchten der Mauern und Strebe Pfeiler. — **Freiburg Münster** Turm Grund- und Aufriß (Wien Ak. 16 874; FM 136 791): Im Grundriß die Längs- und die Querachse des Turmes, die Achsen und Fluchten der Strebe Pfeiler, der Umriss der Wendeltreppe. Im Aufriß vertikal die Achse des Turmes, die Achsen der westlichen Strebe Pfeiler, die Achsen der den seitlichen Strebe Pfeilern vorgelegten Tabernakel; horizontal die Kämpferhöhe des Hauptportals, alle Kanten des ersten Gesimmes, für die zweite Tabernakelreihe alle zwischen Sockel und Kreuzblume nötigen Höhen; im Michaelsgeschoß die Begrenzungen der Wasserschlüge; für die dritte Tabernakelreihe ebenfalls alle erforderlichen Höhen; in der ersten Partie der Fialtürme die Kämpferhöhe des Blendmaßwerks, alle Kanten des folgenden Gesimmes; die Kämpferhöhe der unteren Fenster im Achtort; in der folgenden Partie der Fialpfeiler die Sockel- und Kapitellhöhen usw.; dazu am Portalwimperg zum Organgang parallel die Ausladung der Krabben und über dem Fenster der Michaelskapelle der Fuß und der Stengel einer Kreuzblume. — **Freiburg Münster** Turm Grund- und Aufriß (Nürnberg Germ. Nat. Museum H. 3818; FM 69 570/1): Im Grundriß die Achsen der Spornpfeiler, die Fluchten der Schildrippen und der Maßwerkfenster, die Achsen der Strebe Pfeiler usw. Im Aufriß vertikal die Achse des Turmes, die Achsen der westlichen Strebe Pfeiler usw.; horizontal die Kämpferhöhe des Hauptportals, die Höhe des folgenden Gesimmes, im Michaelsgeschoß die Kämpferhöhe der Tabernakel usw.; dazu die Ausladung und gegenseitige Abgrenzung der Krabben des Portalwimpergs. — **Köln Dom** südliche Hälfte des Westbaues, Grundriß A (Wien Ak. 16 873; FM 136 793/4): In beiden Richtungen



rissen geben sie z. B. die Achsen der Pfeiler und der Strebepfeiler, auch die Achsen und Fluchten der Mauern, in Aufrissen alle Achsen, zudem die Höhen des Sockels, der Kämpfer, der Gesimse und Kreuzblumen, die Höhe und Ausladung der Krabben usw.

Wer eine solche Vorzeichnung herstellte, dachte nicht an Proportionsfiguren, er dachte vielmehr an die Reinzeichnung. Wer eine Reinzeichnung dieser Art — etwa als Aufnahmezeichnung eines gotischen Bauwerks — heute herstellen soll, reißt zunächst Achsen, Fluchten und alle sonstigen Hilfslinien genauso wie der damalige Architekt; er tut dies nicht einer Theorie zu liebe, sondern einem Arbeitsgang folgend, der als einziger zum Ziel führt<sup>692</sup>.

Nur wer solche Selbstverständlichkeiten der Reißbrettarbeit aus eigener Erfahrung nicht kennt oder aus fremder Erfahrung nicht zur Kenntnis nimmt, kann Turmgrundrisse so beschreiben (Velte 1951, S. 9):

die Achsen aller Pfeiler, Gurte und Strebepfeiler; in der Südmauer alle Fluchten der Maßwerkenfenster. — **Köln Dom** Südturm, Grundriß D (Köln Dombauhütte; FM 81 635/6/7): Wie vor, dazu Achsen und Fluchten aller Hauptstücke der Fassadengliederung. — **Prag Dom** Turm und südliche Querhausfront, Aufriß (Wien Ak. 16 817 v; FM 136 806/7/8/9/10): Vertikal die Achsen der Strebepfeiler. Horizontal im Erdgeschoß Lagerfugen des Mauerwerks, Gesimshöhe, Kämpferhöhe der Eckfialen, alle erforderlichen Hilfslinien der Kreuzblumen dieser Fialen, die Kämpferhöhe des Blendmaßwerks der Strebepfeiler; im Obergeschoß alle Horizontalen der Fenstersohlbank rechts, die Kämpferhöhe des Blendmaßwerks usw. — **Regensburg Dom** Vorhalle des Westportals, Aufriß (Wien Ak. 16 871; FM 136 814/5): Im Hauptgeschoß vertikal die Achsen der äußeren und der inneren Portalbögen, die Achsen der das Portal flankierenden Fialtürmchen, dazu die radialen und die tangentialen Hauptlinien der in die Bogenläufe eingebetteten Baldachinkonsolen. Auf dem Hauptgesims stehen zwei Fialtürmchen, deren Reinzeichnung unvollendet blieb; vorgezeichnet ist die Achse, das Stabwerk der ersten und der zweiten Partie, beim rechten Fialtürmchen zudem die Bekrönung in ihren hauptsächlichen Konturen. — **Steyr Pfarrkirche**, Grundriß (Wien Ak. 16 890 r; FM 136 817): In der Längsrichtung die Achsen der drei Schiffe, dazu die Achsen und Fluchten der Scheidbogen und der Absseitenmauern; in Querrichtung die Achsen der Pfeiler, Gurte und Strebepfeiler. — **Steyr Pfarrkirche** Sakramentshaus, Aufriß (Wien Ak. 16 870; FM 136 818): Die Konstruktionslinien der Vorzeichnung sind in der Reinzeichnung dieser aufwendigen Kleinarchitektur nahezu vollständig erkennbar. — **Straßburg Münster** südliche Hälfte des Portal- und Rosengeschosses, Aufriß (Riß A 1, Straßburg Frauenhaus, Nr. 2; FM 68 213/4): Vertikal die Achsen der Portale, der Blendmaßwerke und Tabernakel; horizontal die über das ganze Blatt laufende Kämpferhöhe der Portale. — **Straßburg Münster** südliche Hälfte der Westfront vom Fußboden bis zur Brüstung der Plattform, Grund- und Aufriß (Straßburg Frauenhaus, Nr. 6; FM 68 237/8): Vertikal die Achsen der Strebepfeiler; horizontal mehrere Kämpferhöhen und Gesimskonturen. — **Straßburg Münster** Nordturm der Westfront im Achtort, Grundriß (Straßburg Frauenhaus, Nr. 11; FM 68 243): Im Achtort die Achsen der Pfeiler, die Fluchten und Begrenzungen der Gewändeprofile, die Achsen und Begrenzungen der Fensterstäbe. — **Straßburg Münster** Treppenturm vor der Nordostseite des Achteorts, Grundriß (Wien Ak. 16 832; FM 136 823): Das innere regelmäßige Sechseck des Treppentürchens steht in einem vorgezeichneten Dreieck; die Fluchten der Gewändeprofile sind vorgezeichnet, ebenso der Rücken und die Diagonalen der im Grundriß quadratischen Eckstreben. — **Wien St. Stephan** Langhaus, Grundriß dreier Joche des Mittel- und Südschiffs (Wien Ak. 16 863; FM 136 826): Längs und quer die Achsen der Pfeiler bzw. Strebepfeiler. — **Wien St. Stephan** Südfront des Langhauses, Grund- und Aufriß des Westjochs mit Singertor und Friedrichsgiebel (Wien Ak. 16 840; FM 136 836/7/40/1): Im Grund- und Aufriß nahezu alle zur geometrischen Konstruktion dieser Zeichnung erforderlichen Achsen, Fluchten und Höhen. — **Wien St. Stephan** Südturm, Aufriß der Südseite (Wien Archiv der Stadt, Plan 146 f.; FM 136 850/3/4/5): Die winkelrechte Eingrenzung der auf den Portalbögen sitzenden Krabben; für die hier ansetzenden Tabernakel die Horizontalen der Krabben, in den Helmen dieser Tabernakel die Achsen, dazu die Ausladung und Höhe der Krabben, ebenso die Ausladung und alle Höhen der Kreuzblumen; für die in die Brüstung des ersten Obergeschosses eingesetzten Wappenschilde die seitlichen Begrenzungen und die Basishöhen des Schildfußes; die Achsen des diese Schilde rahmenden Blendmaßwerks usw. Im 2. und 3. Obergeschoß ist die Reinzeichnung nicht fertiggestellt; hier ist die zur Darstellung der Giebel- und Pfeilergliederung erforderliche Vorzeichnung nahezu vollständig erkennbar. — **Wien Rathaus** Front, Grund- und Aufriß (Wien Ak. 16 836; FM 136 842/3): Vorgezeichnet sind die Achsen und die Kämpferhöhen der Portale und die ins Blendmaßwerk eingefügten Wappenschilde; im Hauptgeschoß die Fensterachsen; im oberen Geschoß die Achsen und die Kämpferhöhen der Spornpfeiler, in den zugehörigen Riesen die Begrenzungen der Krabben und Kreuzblumen; im Hauptgesims alle zur Konstruktion erforderlichen Achsen und Horizontalen usw.

<sup>692</sup> Bereits zu Ende des 3. und zu Anfang des 2. Jahrtausends v. Chr. hat man in Mesopotamien Bauzeichnungen vorgerissen (HEINRICH-SEIDL 1967, S. 25 und 34 f.).

„Sieht man genau hin, so findet man unter den mit der Reißfeder gezogenen Strichen eine Vorritzung, Hilfslinien, auf denen die Zeichnung des Entwurfs zu basieren scheint. Verfolgt man die vorgeritzten Linien, so sieht man, daß sie immer wieder Quadrate und — wenn es sich um sechseckige Treppentürme handelt — gleichseitige Dreiecke beschreiben“.

Wer den Grundriß eines quadratischen Turmes zeichnen will, wird für die inneren und die äußeren Fluchten des Turmes Quadrate vorzeichnen, was sonst? Wer den Grundriß eines Türmchens entwirft, das eine sechseckige Wendeltreppe aufnehmen und — wie in Straßburg (Wien Ak. 16832) — den Achtort des Hauptturmes begleiten soll, wird aus dem gleichseitigen Sechseck ein gleichseitiges Dreieck ableiten. Wie anders soll er vier solche Treppentürmchen auf die Schrägseiten des achtseitigen Hauptturmes beziehen? Und falls er diese Absicht hat: Wie soll er die Strebepfeiler unterbringen, ohne dieses gleichseitige Dreieck vorzureißen? Quadrate und Dreiecke sind vorgerissen — selbstverständlich. Aber Velte fährt fort:

„Man kann daraus schließen, daß ein System der Quadratur oder, im gegebenen Fall, ein System der Triangulatur den Rissen zugrunde liegt“.

Gleichwohl — in einigen gotischen Rissen finden sich Hilfsfiguren, die den Proportionsfiguren ähnlich sehen.

Der Grund- und Aufriß des am Südquerarm des Prager Domes errichteten Treppenturmes wurde im Jahre 1482 für die Ulmer Hütte kopiert. Der heute im Ulmer Stadtmuseum aufbewahrte Riß trägt rechts unten eine mit dem Blindrillensstift nicht allzu sorgfältig aufgerissene Vierung über Ort (Abb. 89)<sup>693</sup>. Das über Ort stehende Quadrat mißt in der Diagonalen etwa 7mm. Etwa ebenso breit sind die kräftigeren Stäbe des Aufrisses. Der Figur lassen sich demnach Kleinmaße des Grund- und Aufrisses entnehmen; für eine Proportionierung des Entwurfs — der Aufriß ist 148 mm breit und 778 mm hoch — kann die 7 mm große Figur nicht bestimmt gewesen sein. Kletzl (1939, S. 103) machte diese Vierung über Ort jedoch bekannt als „eine der seltenen unmittelbaren Spuren jener triangulierenden Entwurfsverfahren“, die einen gotischen Entwurf in seinen Hauptabmessungen festlegen sollen.

Ein zweites Beispiel: Zur Wiener Sammlung gehört der Grundriß eines Hallenchores (Ak. 16923, Abb. 90), in dessen Südschiff eine Vierung über Ort mit der Reißfeder eingetragen ist. In dieser Figur sind etliche Formglieder — Fensterpfosten, Gesims, Schildbogen usw. — im Querschnitt angegeben. Die Seitenlänge des Grundquadrats der Figur entspricht der Mauerstärke des Chores. Lorenz Lacher hat die gleiche Hilfsfigur in derselben Größe und in derselben Absicht gebraucht (Abb. 27, 28, 30) und noch im 17./18. Jh. wurde ebendiese Figur gotischen Chorgrundrissen hinzugefügt (Abb. 32, 33). Mit diesen Vierungen über

<sup>693</sup> Herr Dr. Lehmbruck, Kustos des Ulmer Stadtmuseums, war so freundlich, diese mit der Kamera nicht erfäßbare Hilfsfigur sorgfältig nachzuziehen und aufnehmen zu lassen.

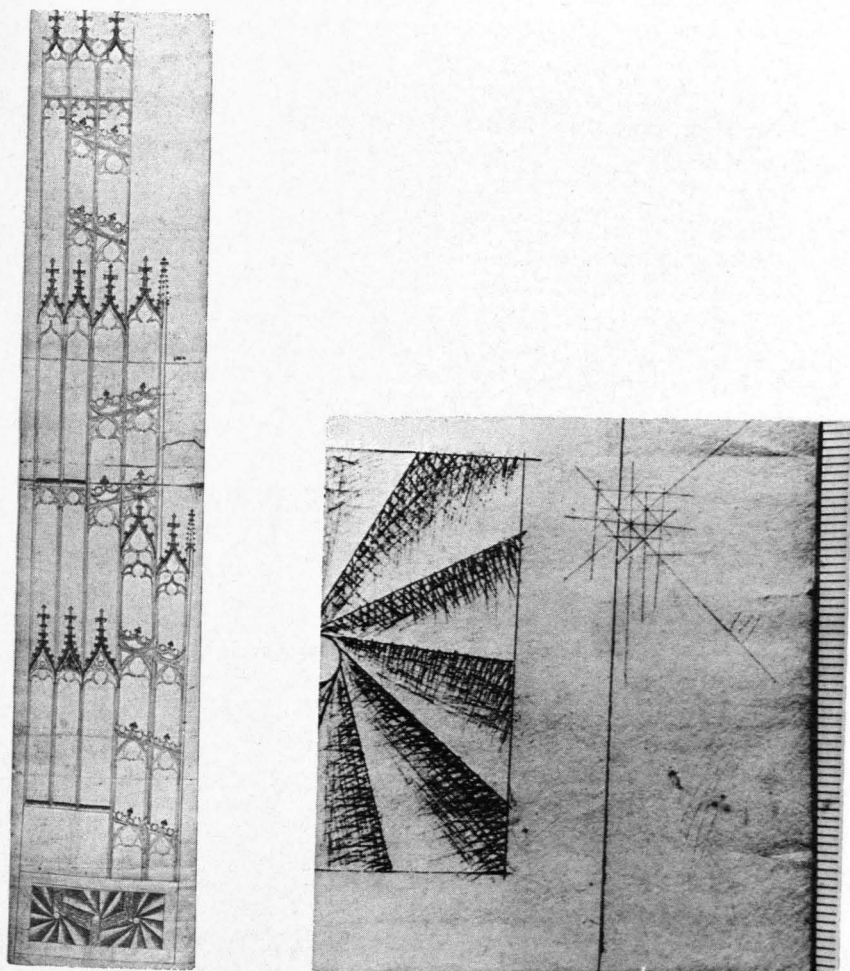


Abb. 89. Prag Dom, Treppenturm am Südquerarm (Ulm Stadtmuseum), a) gesamt, b) Ausschnitt.

Ort die Hauptabmessungen eines Entwurfes zu proportionieren, ist ihrer unzureichenden Größe wegen nicht möglich.

Einem anderen Blatt der Wiener Sammlung, dem Grundriß eines quadratischen Turmes (Ak. 16822), ist eine aus dem gleichseitigen Dreieck abgeleitete Hilfsfigur beigegeben. Ihre Seitenlänge entspricht in etwa der Mauerstärke des Turmes. Auch aus ihr sind offenbar Detailmaße, gewiß nicht Gesamtmaße des Entwurfes zu entnehmen.

Als letzte sei eine Hilfsfigur genannt, die neben dem Aufriß des Wiener Südturmes (Wien, Archiv der Stadt, 146 f) am rechten Blattrand in Höhe des



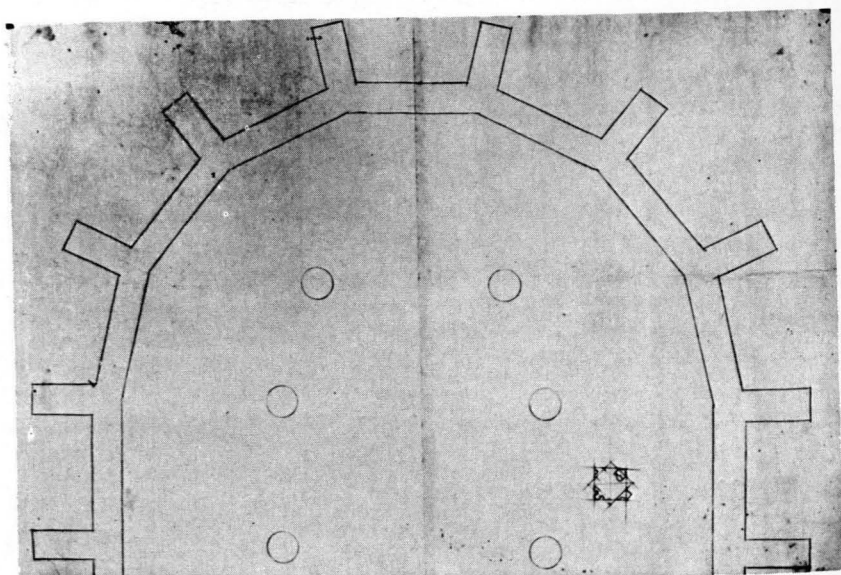
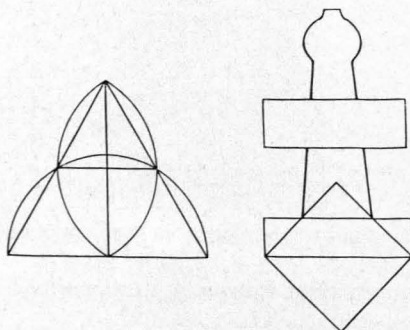


Abb. 90. Grundriß eines Hallenchores (Wien Ak. 16923).

2. Obergeschoss in Tusche angegeben ist. Ihr entsprechend ist eine Kreuzblume der rechten Turmstreben vorgezeichnet. Die Figur hat eine gewisse Ähnlichkeit mit der Vierung über Ort und dem Aufriß einer Kreuzblume, die Roritzer zum Beschluß seiner „Geometrie deutsch“ veröffentlicht hat.



Um zusammenzufassen: Proportionsfiguren, die einen Grund- oder Aufriß in seinen Hauptmaßen festlegen könnten — sie müßten wohl wie die auf den Freiburger Turm angewandten Figuren nicht nur die Abmessungen des Risses erreichen, sondern über sie weit hinausgreifen — sind auf gotischen Rissen nicht nachgewiesen. Die auf solchen Rissen tatsächlich vorhandenen Hilfsfiguren dienten, worüber Lorenz Lacher ausführlich berichtet, der Bestimmung von Kleinmaßen.

## B. Meßlinien gotischer Bauzeichnungen

Wir sind gewohnt, einer Bauzeichnung die Maßstab-Verhältniszahlen (z. B. 1:50), Maßzahlen, die Beschriftung und den „Maßstab“ beizufügen.

Maßstab-Verhältniszahlen, die erst im späteren 19. Jh. üblich wurden, dürfen wir in einem mittelalterlichen Riß nicht suchen. Mit Maßzahlen sind die Bauzeichner sparsam umgegangen. Die Beschriftung bedeutete ihnen wenig<sup>694</sup>. Auch die Meßlinie — eine durch Querstriche in Maßeinheiten aufgeteilte Gerade, die man heute „Maßstab“ heißt — haben sie den Rissen nur vereinzelt mitgegeben<sup>695</sup>.

Diese „Maßstäbe“ haben ein seltsames Mißverständnis gestiftet: Ein Riß, dem ein „Maßstab“ beigelegt ist, galt für „maßstäblich“ gezeichnet<sup>696</sup>. Der

<sup>694</sup> Folgende Beschriftungen sind mir bisher bekannt geworden: **Eßlingen Spitalkirche** Ansicht von Süden (Wien Ak. 16 829): „Den bau hat gemacht Matheus beblingen mein vatter zu Eßlingen im spittal. Daß han ich hanns beblingen ab gemacht wie eß do statt in dem iar 1501“. Dazu das Zeichen des Hans Böblingen. — **Frankfurt a. M. Dom** Turm, Aufriß C (Frankfurt a. M. Histor. Museum): „bys aussen nachgen. stein zu hauwen und zu brechen kost noch 1½ hundert fl von letare den sumer uß 1504 an den zug“. — **Freiburg Münster** Chor, Grundriß (Wien Ak. 16 821): „kor zu freiburg“. — **Freiburg Münster** Turm, Aufriß (Freiburg i. Ü. Staatsarchiv, Kirch. Sachen 546): Rückseitig der Name eines späteren Besitzers. — **Köln Dom** Südturm, Grundriß, Riß C (L. Wallrafplan, verschollen): „Fudant turis ecclie colon“. (Boisserée 1823, II, S. 8). — **Köln Dom** Westfront, Aufriß, Riß F (Köln Dombauhütte): „turis mgor ecclie colon“. (ebenda II, S. 7). — **Prag Dom** Treppentürmchen am Südquersarm Aufriß (Ulm Stadtmuseum): „1482“. — **Straßburg Münster** Innenseite der Westfront, Aufriß (Straßburg Frauenhaus Nr. 4): „Am Fuße eine deutsche Schrift, zum großen Teil nicht zu entziffern, was gelesen werden konnte, ergab eine Pfündenstiftung zu Gunsten des Priesters Walther von Mühlenheim (KRAUS 1876, S. 500). — **Straßburg Münster** Westfront, Achtort und Helm, Grundriß (ehem. Ulm Münsterbauamt): „die apbseite synt 27 schue wit die mittel werk 44 schue wit die mürdicke zu buen in der vierung 11 schue dick zu achtort 4 schue zu dem helm zwain schue 7 zul“. — **Straubing St. Jakob** Sakramentshaus, Aufriß (Nürnberg Germ. Nat. Museum Hzn. 4000): „Dise visyr ist verdingt gen Straubing zu machen und daß Corpus uff Jacobi künfftig zu setzen“. — **Ulm Münster** Öbergansicht (Ulm Stadtmuseum): „Den öberg hat mathes böblingen von eßlingen gen vlm geordnet vnd hat vil stain dar zuo gehowen zuo den selben zieten 1474 iare dar nach über 3 iar ward ich bestelet von min here von vlm zuo yrem kirchen buowe“. — **Ulm Münster** Turm, Aufriß C (Ulm Stadtmuseum). In Höhe der Fensterbank des 2. Geschosses: „1 da hat angefangen zuo machen an dem duorm zuo ulm mathes boeblinger“. Oberhalb der Bläsergalerie: „2 Dat hat uffgehet zuo buowen an dem duorm mathes boeblinger“. Über der Turmspitze das Zeichen Böblingers in der Jahreszahl „1494“. — **Ulm Münster** Vespertorium Aufriß von Jörg Syrlin d. J. (Ulm Stadtmuseum): „1475“ rückseitig: „20 jor alt“ (BAUM 1911, S. 47). — **Ulm Münster** Altarentwurf (verschollen): „1496 joerg syrlin“. (JÄGER im Kunstblatt 1833, Nr. 103. — A. KLEMM, Über die beiden Jörg Syrlin, in: Münsterblätter, Ulm 1883, S. 80. — Baum 1911, S. 48). — **Ulm Münster** Weihwasserbecken Grundriß und Ansicht (London British Museum bzw. Wien Hofbibl.) mit Zeichen und Initialen Jörg Syrlins d. J. (BAUM 1911, S. 49). — **Wien St. Stephan** Singertor Vorbau, Grundriß (Wien Ak. 16 826): „Die visierung des Furpaws der tur zu Sand Stephan bey des Neithards grab“. — **Ort unbekannt** Turm, Aufriß (ehem. Münch. Techn. Hochschule). Rückseitig: „Hans von Baden der hat mich zeha(n)den“ möchte ich als Besitzervermerk („hat mich zu händen“) verstehen. — **Ort unbekannt** Grund- und Aufriß einer Turmendingung, wohl für den Ausbau der Westfront des Konstanzer Münsters bestimmt (Ulm Stadarchiv Pl. 11): „Das berrment han ich zuo Kostent gerissen“, dazu „1437“ und das Zeichen des Hans Böblingen. — **Ort unbekannt** Altartafel mit Predella und hohem Gesprenge, Aufriß, wohl Visierung zum Hochaltar des Ulmer Münsters (Stuttgart Landesmuseum): Im Auszug über Gottvater der Marienkrönung „Item die Matery sol sin ain Crucifix mit Maria u. sto. johanne“. — **Ort unbekannt** Sakramentshaus, Aufriß (Nürnberg Germ. Nat. Museum Hzn. 24): „1514“ und die Initialen „TYS“ (ZINK 1968, Nr. 40). — **Ort unbekannt** Baldachin, Grund- und Aufriß (Ulm Stadarchiv Pl. 16): „Das Obertail“. — **Ort unbekannt** Tabernakel, Grund- und Aufriß (verschollen; MÖLLER 1815, I, Taf. 66–70): „Petter Kryog im Surelant“, dazu „1462“ und das Meisterzeichen. — **Ort unbekannt** Taufstein, halber Grundriß (Ulm Stadarchiv Pl. 19): „zum Tauffstein“.

<sup>695</sup> Noch die Renaissance sah den „Maßstab“ nicht als integrierenden Bestandteil der Bauzeichnung an. In seine Quattro libri hat PALLADIO (1570) etwa 185 Bauzeichnungen aufgenommen; davon sind zwei Drittel mit Maßzahlen bzw. Modulzahlen ausgestattet, nur der Rest erhielt auch einen „Maßstab“. In allen fünf Büchern seiner Architectura hat DIETTERLIN (1598) ein einziges Mal einen „Maßstab“ angegeben. Von den etwa 90 Bauzeichnungen der Architecture des DELORME (1648) haben nur 14 Maßzahlen bzw. Modulzahlen erhalten, nur 6 tragen einen „Maßstab“.

<sup>696</sup> KLETZEL 1935, S. 61.

Mehrzahl aller gotischen Risse fehlt ein solcher „Maßstab“<sup>697</sup>. Diese Risse hielt man daher für „unmaßstäblich“ gezeichnet, was nur bedeuten konnte, der Zeichner habe sich einer Proportionsfigur bedient<sup>698</sup>.

Angenommen, der Zeichner habe eine solche Figur benützt. Sie aufzutragen setzte ein Grundmaß voraus. An der Baustelle wurde dieses Grundmaß als ein Vielfaches der Maßeinheit eingemessen. Dieses bestimmte Vielfache mußte dem Zeichner am Reißbrett gegenwärtig sein, denn anders konnte er von der wirklichen Größe dessen, was er plante — eine Brüstung kann nicht beliebig hoch, eine Türe nicht beliebig breit, ein Fensterpfosten nicht beliebig stark sein<sup>699</sup> — keine Vorstellung haben. Wußte er aber, wieviele Maßeinheiten das Grundmaß hält, war ihm ein leichtes, das Grundmaß — oder eine im Riß anderswo gezogene Gerade — in Maßeinheiten aufzuteilen. — Die andere Möglichkeit: Ist der Zeichner „maßstäblich“ vorgegangen, war er ebenfalls in der Lage einen „Maßstab“ anzureißen.

Ist der Zeichner auf die eine Art vorgegangen, konnte er dem Riß einen „Maßstab“ beifügen; genauso gut konnte er auf diese Zutat verzichten. Ist er auf die andere Art vorgegangen, stand ihm dieselbe Wahl genauso frei.

Demnach sollte man einen Riß, nur weil er einen „Maßstab“ trägt, nicht als „maßstäbliche“ Zeichnung ansprechen. Ebenso wenig sollte man behaupten, ein Riß, der keinen „Maßstab“ trägt, mache durch diesen Mangel deutlich, der Zeichner habe seinen Riß aus einer Proportionsfigur abgeleitet.

<sup>697</sup> Nur drei Risse wurden bisher genannt, die Meßlinien besitzen: **Frankfurt a. M. Dom**, Turm, Aufriß A (Frankfurt a. M. Histor. Museum), **Freiburg i. Br. Münster**, Turm, Aufriß (Berlin Kupferstichkabinet), **Siena Dom**, Grundriß Nr. 2 (Siena Opera del Duomo). Es sind einige mehr. Hier eine Aufzählung, die auch innerhalb der Zeichnung liegende Geraden nennt, soweit sie in Einheiten aufgeteilt sind: **Augsburg Dom**, Chor, Grundriß (Wien Ak. 16846): Auf der Achse des westlichen Gewölbegurtes im Mittelschiff, ebenso im Seitenschiff und in der Kapelle der Südseite. — **Frankfurt a. M. Dom**, Turm, Aufriß A (Frankfurt a. M. Histor. Museum): Außer der bekannten mit „10“, „20“ und „30“ bezifferten Meßlinie eine Maßteilung in Sockelhöhe auf der Achse des Turmes. — **Köln Dom**, südliche Hälfte des Westbaues, Grundriß (Wien Ak. 16873): Auf der Achse des nordöstlichen Pfeilers. — **Straßburg Münster**, Orgelprospekt, Aufriß (Straßburg Frauenhaus Inv. Nr. 2457): Rechts neben dem Orgelfuß. — **Straßburg Münster**, Westfront, Aufriß A 1 (Straßburg Frauenhaus Nr. 2): Strichmarken und Kreuzchen in Kämpferhöhe des südlichen Nebenportals. — **Ulm Münster**, Turm, Aufriß B, Kopie des frühen 16. Jh. (chem. Ulm Münsterbauamt): Unterhalb der Standlinie. — **Wien St. Stephan**, Erdgeschoßhalle des Südturms, Schnitt (Wien Stadtarchiv 146 I.): Links im Portal. — Problematisch sind die Meßlinien einiger Kölner Risse: Hermann CROMBACH (*Primitiarum gentium seu historiae ss. trium regum Magorum, Colonia 1654*) hat den Grundriß und den Aufriß der Westfront des Kölner Domes im Kupferstich abgebildet. Beide Kupferstiche sind mit einem „Maßstab“ versehen, der als *Scala pedum romanorum* bezeichnet ist. Ein originaler Domgrundriß blieb nicht erhalten; hier stehen Crombachs Mitteilungen auf sich selbst. Der Aufriß der Westfront des Domes (Riß F) trägt diesen Maßstab samt Beischrift in Wirklichkeit nicht. Die beiden Wallrafpläne, beides Grundrisse für den Südturm des Domes, sollen „Maßstäbe“ in römischem Fuß gezeigt haben (C. MOLLER, *Bemerkungen über die aufgefundenen Originalzeichnungen des Domes zu Köln*, Darmstadt 1818, Taf. 8 und 9); beide Pläne sind verschollen. H. RODE (Ein unbekannter mittelalterlicher Aufrißplan vom Domchor, in: *Kölner Domblatt*, Jahrbuch des Zentral-Dombau-Vereins, 8. und 9. Folge, 1954, S. 67) berichtet, in dem wieder erkannten Riß E 1 sei „auf der unteren Abschlußlinie gewiß in jüngerer Zeit ein Maßstab im Dezimalsystem eingetragen ... Wahrscheinlich stammt er von Boisserée, der ihn für vergleichende Messungen“ benutzt haben dürfte. Boisserée rechnete diesen Fuß der Mittelung Crombachs folgend zu 10 Zoll.

<sup>698</sup> Mit dieser Schlußfolgerung: STAATSMANN 1910, II, S. 106. — KLETZL 1936 (Freiburg), S. 31. — KLETZL 1939, S. 16 f.

<sup>699</sup> Genauso wenig kann man einen im Entwurf festgelegten Gewölbebau in beliebiger Größe errichten. Einige Vorteile, die das Proportionsverfahren dem gotischen Architekten gewährt haben soll — die Freiheit in der Größe der Bauausführung und damit zusammenhängend die Unabhängigkeit von den regional unterschiedlich großen Maßeinheiten — sind mithin fiktiv.

### C. Maßstäbe und Schwindmaß

Zum Vorteil der These wird vorausgesetzt, dem gotischen Architekten sei maßstäbliches Zeichnen unbekannt gewesen. Ob diese Voraussetzung zutrifft, wird sich zeigen müssen.

Mit der Begründung, dem gotischen Architekten sei maßstäbliches Zeichnen unbekannt gewesen, wird versichert, alle an der Baustelle benötigten Maße — dieselben Maße auch im Riß — seien in der Proportionsfigur vorgegeben. Nimmt man die dem Freiburger Münsterurm zugeordneten Proportionsfiguren nochmals zur Hand, steht man vor der Frage, welche dieser Figuren diesem Entwurf und dieser Bauausführung zugrunde gelegen, genauer: welche dieser Figuren nicht eine bescheidene Anzahl beliebig herausgegriffener Punkte lediglich näherungsweise, sondern sämtliche im Bauvorgang benötigten Maße mit der erforderlichen Genauigkeit liefern könne? Eine Frage ohne Antwort.

Gleichwohl folgte man einer Argumentation, die sich mit den Notwendigkeiten des Entwurfs und der Bauausführung lediglich im ersten Hinsehen deckt:

*Georg Dehio 1894 (S. 20)* „Sollte die Antwort etwa darin liegen daß es Baupläne in unserem Sinn damals noch gar nicht gegeben hätte . . . , so ist der Vorteil der Triangulierung einleuchtend. Dass die Alten mit Zirkel und Lineal geschickt umzugehen wussten, ist gewiss, ganz zweifelhaft aber, wie es mit der Anwendung des Massstabes stand. Man hüte sich auch hier, die dem modernen Praktiker selbstverständlich erscheinenden Dinge ohne weiteres für das Mittelalter gültig zu erklären. Wenn schon bei den Abmessungen am Bau Irrtümer . . . an der Tagesordnung waren, wieviel schwerer muss es da gewesen sein, brauchbare Massstabszeichnungen im kleinen zu stande zu bringen“<sup>700</sup>.

*Dehio-Bezold 1901 (S. 568)* „Der völlige Mangel an nach Maßstab aufgetragenen Baurissen kann nicht bezweifelt werden. Wir müssen glauben, dass das Mittelalter sich zur Vorbereitung des Baus mit blossen Skizzen beholfen hat. Unter dieser Voraussetzung ist der Nutzen einer in den Hauptabmessungen auf regelmäßige geometrische Figuren gestützten Proportionierung augenfällig“.

<sup>700</sup> Von dieser Textstelle ist FRANKL (1945, S. 48) ausgegangen: „He (Dehio) adds, 'It is certain that the old masters were able to use the compass and the ruler, but there is doubt about the yardstick'“ Dehio sprach vom „Maßstab“ im Sinne des zwischen Zeichnung und Bauwerk bestehenden Größenverhältnisses, was mit „scale“ wiederzugeben wäre. Frankl las „Maßstab“ im Sinne von Zollstock (yardstick) und fragte (S. 48): „Did they have no yardstick? Dehio does not answer this question. If they had no yardstick, was this the reason why the architects made no drawings? And is it true that they made no designs?“ Derart ihres Zollstocks beraubt waren die Meister des Mailänder Domes in eine peinliche Lage versetzt. Wie sollten sie ohne Zollstock ein Maß nehmen? Frankl kam ihnen zu Hilfe (S. 48 f.). „The way to a deeper understanding of the problem was opened in 1925, when Kossmann showed that the Cistercians used a measure for their working plans which he called a great unit, „grosse Einheit““ — (S. 51). „... the great unit supplemented the lack of the yardsticks only insofar as it gave the architect and parlier a convenient measure“. — Frankl ist also mit Dehio der Meinung, den Architekten des Mailänder Domes sei der „Maßstab“ (Zollstock) unbekannt gewesen, weshalb sie sich an Stelle eines „Maßstabs“ (Zollstocks) der von KOSSMANN (1925) erfundenen „großen Einheit“ zu bedienen hatten. Daß eben diesen Meistern im Jahre 1389 um genau zu messen eine Messlatte (passus) ausgehändigt wurde (vgl. Anm. 571), daß die Sitzungsprotokolle und die Rechnungsbücher der Mailänder Hütte Baumaße des Domes stets in Mailänder Ellen angeben, daß auch Antonio de Vincenti, Gabriele Stornaloco und Cesare Cesariano Ellenmaße dieses Domes nennen, bleibt außer Spiel. Verbindet man nur Dehios „unmaßstäbliche Bauzeichnung“ mit Kossmanns „großer Einheit“, schließt sich der Ring.

*Karl Witzel 1914* (S. 12) Man muß „annehmen, daß zeichnerische Unterlagen auf irgend eine Weise auch in frühester Zeit schon angefertigt wurden. Dabei darf man nicht das, was für uns heutzutage selbstverständlich ist, wie z. B. das Aufreißen in bestimmtem Maßstab, als ein schon im Mittelalter bekanntes Hilfsmittel betrachten. Die Alten wußten wohl mit Zirkel und Lineal gut umzugehen, aber wie es mit dem Maßstab stand, das ist sehr zweifelhaft. Man kann sogar mit ziemlicher Bestimmtheit behaupten, daß ein maßstäbliches Zeichnen in unserem Sinn nicht bekannt war, und daß die Bauten nach unmaßstäblichen Zeichnungen, vielleicht überhaupt nur nach Handskizzen ausgeführt wurden. In beiden Fällen erkennt man sofort die weitere Notwendigkeit und den praktischen Wert des gleichseitigen Dreiecks, denn durch dasselbe wird es möglich, einen Bauriß von ganz beliebigem Maßstab praktisch zu verwenden, da ja das gleichseitige Dreieck als Ähnlichkeitsfigur zwischen der Zeichnung und dem Bau dienen kann“. — (S. 15) „Auf diese Weise war dem Baumeister das  $\pi/4$ -Dreieck noch ein viel besseres Hilfsmittel als das gleichseitige Dreieck, denn ein maßstäbliches Zeichnen war dadurch umgangen“. — (S. 16) „Daraus geht hervor, daß auch die  $\pi/5$ -Triangulatur ... nichts anderes als ein aus der Unkenntnis des maßstäblichen Zeichnens entspringendes Hilfsmittel war“.

*Felix Durach 1928* (S. 21) „Dazu wäre noch zu bemerken, daß ein maßstäbliches Zeichnen in unserem heutigen Sinne so etwas wie ein Proportionalmaßstab (1:100, 1:200 usw.) voraussetzen würde. Aber dafür ist kein historischer Beleg vorhanden“. — (S. 22) „Und man wird nicht fehlgehen, wenn man annimmt, daß ... die Gotik die maßstäbliche Planzeichnung nicht so gekannt hat, daß sie die Grundlage war für eine proportionale Maßübertragung auf die Baustelle“.

*Camillo Fritz Discher 1932* (S. 66) „Die Anwendung eines Maßstabes ... scheint daher mit ziemlicher Sicherheit, ausgeschlossen. Im Übrigen sind die sich aus einer Grundzahl ergebenden Maße irrational und schließen schon aus diesem Grunde Maßstäbe ... im heutigen Sinne aus“.

*Walther Thomae 1933* (S. 33) „... es mangelte an Baurissen, die nach Maßstab aufgetragen waren“.

*Hugo Kükelhaus 1934* (S. 200) „Der Umstand, daß ein Bauplan nicht wie heute in maßstäblichen Rissen niedergelegt war, bildet den Stützpunkt dieser Vermutung. Denn erst vom 13. Jahrhundert ab sind maßstäbliche Bauzeichnungen auf uns gekommen ... Da also keine Bauzeichnung im heutigen Sinne bestand ..., hat sich die Bauforschung im wesentlichen auf den Ausweg geeinigt, sich die Möglichkeit des Bauens folgendermaßen vorzustellen: Der Baumeister gestaltet seine Gedanken nach einem geometrischen Verhältnisschlüssel ... der Begriff des Maßstabes bezieht sich lediglich auf die Ausgangsgröße des geometrischen Schlüssels“.

*Karl Busch 1935* (S. 27) „Der Proportionschlüsselplan war nicht für maßstäbliche Übertragung bestimmt“.

*Otto Kletzl 1935* (S. 61) „In der Tatsache nun, daß die Mehrzahl der uns erhaltenen spätmittelalterlichen Werkrisse ... unmaßstäblich gezeichnet sind, darf man den vornehmsten Beweis für durchaus allgemein und praktisch in dieser Zeit angewendete Proportionsysteme erblicken“.

*Otto Kletzl 1937—1938* (S. 21) „... allgemeine Kenntnis von triangulierenden Entwurfsverfahren, die ... die relative Maßstabslosigkeit aller gotischen Werk-Zeichnungen erklären“.

*Otto Kletzl 1938* (S. 249) „... triangulierender Entwurfsverfahren ..., welche ... die relative Maßstablosigkeit der Grundrisse ... erklärt“.

*Otto Kletzl 1941* (Straßburg S. 4) „Sonst tragen die Pläne weder Beschriftung noch Maßstab. Diese Maßstablosigkeit wird den nicht überraschen, der sich schon mit gotischen Werkzeichnungen beschäftigt hat. Ist sie doch geradezu kennzeichnend für die ältesten und wichtigsten von diesen Zeichnungen. Ihre Maßstablosigkeit ist nur eine relative. Ein Architekt unserer Zeit, der sie genauer betrachtet, würde bald sehen, daß es sich hier um ein System besonderer Gesetzlichkeit handelt, dem auch ein eigenes Entwurfs- und Zeichnungsverfahren entsprochen haben muß“.

*Otto Kletzl 1941* (Bauhüttenkunst S. 10) „Entwurfsverfahren der Triangulation ... erklären auch die relative Maßstablosigkeit, das Fehlen von Maßstabzahlen selbst bei den offenbar vollkommensten Werkrissen der Gotik“.

*Ernst Gall 1952* (S. 8) „... , ohne Angabe eines Maßstabes im heutigen Sinne. Für einen mittelalterlichen Werkmeister blieb ein solcher Plan, trotz der sich über Jahrhunderte erstreckenden Bauausführung, verständlich, denn die in den Bauhütten gepflegte und streng geheim gehaltene Kenntnis der Maßverhältnisse aus den Grundfiguren ineinandergestellter Quadrate und Dreiecke gab den Schlüssel dazu“ ...

*Gerda Soergel 1958* (S. 50) „Jedoch fehlte den gotischen Rissen eine arithmetische Maßstabsskala, weil der „junge“ Schuh nur die „Grundlein“ oder Ausgangsstrecke für einen geometrischen Schlüssel befestigte, mit dessen Hilfe die Zeichnung in beliebige absolute Größen übersetzt werden konnte“.

*Niels Luning Prak 1966* (S. 209) „Without knowledge ... of drawing to scale ... , architects were forced ...“

Man ist sich demnach einig: Dem gotischen Architekten war das Verfahren des maßstäblichen Zeichnens unbekannt, folglich war er genötigt, Proportionsfiguren als Hilfsmittel einzusetzen. Nun war er im Stande proportional zu zeichnen, denn nun standen die Strecken der Zeichnung untereinander in einem Verhältnis, daß auch dem Verhältnis der Strecken des Bauwerks zugeordnet war. In welchem Größenverhältnis die Strecken des Risses zu den Strecken des Bauwerks standen, war ohne Belang, denn die Hilfsfigur wurde ja nicht vom Reiß auf die Baustelle übertragen, sie entwickelte sich auf dem Reißbrett wie an der Baustelle entsprechend der ihr immanenten geometrischen Gesetzlichkeit aus dem Grundmaß. Die Länge des Grundmaßes der Figur durfte daher auf dem Reißbrett nach Belieben angenommen werden.

Das zwischen Reiß und Bauwerk bestehende Größenverhältnis — wir nennen es künftig „faktischen Maßstab“ — hat man in den letzten Jahrzehnten für etliche Risse festgestellt. Erst neuerdings folgten Versuche, die so gewonnenen Verhältniszahlen, die mit den uns gewohnten Zeichenmaßstäben (z. B. 1:50, 1:100) durchaus nicht übereingehen, zu erklären.

*Friedrich Adler 1884* (S. 76) Der in Bern aufbewahrte Aufriß des Straßburger Nordturmes ist „Dargestellt ... in ungefährem Maßstabe von 1:30 ...“

*Karl Staatsmann 1910* (II S. 105) „Der Maßstab der in Straßburg befindlichen gut erhaltenen Pläne ist etwa 1:75 bis 1:20 ...“

Otto Kletzl 1939 (S. 23) Die Querschnitte des Prager Domchores in Stuttgart (Stadtarchiv, Fragment 1 r) und Wien (Ak. 16821) „... geben ... eine Verkleinerung von etwa 1:36 des Baues“.

Otto Kletzl 1944 (S. 134) „Das (Kreßberger) Fragment I stellt einen Teil des Straßburger Fassadengrundrisses der ... Das ... Grundrißfragment ist demnach — neuzeitlich ausgedrückt — in einem Maßstab von fast 1:36 gezeichnet. Das Fragment II ... entspricht einem Langhausteil des Wiener Domes ... Das ... Aufrißfragment ist demnach — wiederum neuzeitlich ausgedrückt — in einem Maßstab von 1:29 gezeichnet. Nur vom Standpunkt nachmittelalterlichen Bauzeichnens her gesehen sind aber solche „Maßstäbe“ unerklärlich. Gotische Werkrisse, denen darum auch derlei Maßstäbe oder Verhältniszahlen fehlten, wurden aus Einheits- oder Grundmaßen entwickelt. Von Werkmeistern ... konnte solches Grundmaß darum stets frei angenommen werden, weil die Gesetze der Triangulation, nach denen es ausgewertet wurde, im Bereich dieser Kunst verbindliches Allgemeingut gewesen sind“.

Günter Gall 1952<sup>700a</sup> Auf der Ausstellung „Plan und Bauwerk“ in München zeigte Risse haben die folgenden Maßstäbe:

Straßburg Münster, Westfront, Grund- und Aufriß, Riß C (Nürnberg, Germ. Nat. Museum Hz. 3093)	ca. 1:76
Freiburg Münster, Turm, Grund- und Aufriß (ebenda Hz. 3818)	ca. 1:94
Ulm Münster, Turm, Aufriß, Riß A (Ulm Stadtmuseum)	ca. 1:41
Prag Dom, Treppenturm am Südquerarm, Grund- und Aufriß (ebenda)	ca. 1:28,5
Eßlingen Frauenkirche, Turm, Aufriß (München Nat. Museum 1028)	ca. 1:32
Ulm Münster, Dreisitz, Aufriß (Ulm Stadtmuseum)	ca. 1: 9,5

Paul Booz 1956 (S. 76 f.) „Staatsmann spricht ... von den Straßburger Rissen und erwähnt Maßstäbe von 1:20 bis 1:72. Kletzl hat bei den von ihm besprochenen Kressberger Fragmenten ... Verhältnisse von 1:29 und 1:36 festgestellt. Für zwei weitere Pläne — Querschnitte durch die Nordhälfte des Vordchores vom Prager Dom ... — weist der gleiche Verfasser ebenfalls den Maßstab 1:36 nach. Baurisse der Kathedrale von Orléans ... und von Notre Dame zu Paris ... sind nach meinen eigenen Berechnungen in den Maßstäbe 1:105 und 1:108 gezeichnet ... Der Vergleich dieser merkwürdigen Verhältnisse erweckt zunächst den Eindruck, die meisten Maßstäbe seien willkürlich gewählt worden oder überhaupt nicht als solche zu bezeichnen. Diese Ansicht ist jedoch irrig. Wenn man zum Beispiel die Verhältnisse 1:36, 1:72 oder 1:108 näher untersucht, so ergibt sich ohne weiteres die Abhängigkeit vom Duodezimalsystem; sie lassen sich also alle auf einfache Zahlen wie 3, 6 oder 12 zurückführen. Weniger klar sind dagegen Maßstäbe wie 1:29, da die Zahl 29 ja eine Primzahl ist, während die Verhältnisse 1:20 oder 1:105 teils auf das Dezimalsystem, teils auch auf eine gewisse Kombination hinweisen ( $3 \times 5 \times 7 = 105$  u. ä.) ... Trotzdem bleiben noch zahllose gotische Pläne übrig, die Maßverhältnisse besitzen, welche auf arithmetischem Weg nicht zu erklären sind ...“

Karl Friederich 1962 Für die Risse des Ulmer Münsters und für die außerhalb Straßburgs aufbewahrten Risse des Straßburger Münsters hat der Ulmer Münsterbaumeister Friederich († 1945) folgende Maßstäbe festgestellt und begründet:

<sup>700a</sup> In: GALL 1952, S. 9 f.

*Ulm Münster Turm*

*Grundriß Nr. 1* (S. 23, 30): „Maßstab 1:36“

*Grundriß Nr. 2* (S. 23, 30 f.): „Maßstab 1:36“

*Grundriß Nr. 3* (S. 31 f.): „1:36“

*Aufriß A* (S. 20): „... gezeichnet im Maßstab 1:36; ein drittel Zoll in der Zeichnung = 1 Fuß in der Wirklichkeit. Daß der Maßstab, gemessen an der 17,04 m betragenden Achsenentfernung der Strebepeiler, heute 1:37,7 beträgt, wird an der Art des Pergaments liegen, daß beim Austrocknen stark geschwunden ist“.

*Aufriß B* (S. 27): „Wie bei Riß A beträgt der Maßstab dieser Stücke 1:36, und zwar stimmt er diesmal ziemlich genau“.

*Kopie des Aufrisses B* (S. 27): „... Nachzeichnung des Risses B in  $\frac{1}{4}$  Originalgröße ...“

*Aufriß C* (S. 33): „... nicht wie A und B im Maßstab 1:36, sondern 1:48; ein Viertel Zoll in der Zeichnung = 1 Fuß in der Wirklichkeit, wobei aber das Pergament so stark geschwunden ist, das der Maßstab heute an der Entfernung der Strebepeilerachsen 1:50,5 beträgt“.

*Aufriß D* (S. 36): „Riß D ist wie ... Riß C im Mastab 1:48 gezeichnet“.

*Straßburg Münster, Nordturm der Westfront*

*Grundriß von Aditort und Helm* (S. 26, 31): „... im Maßstab 1:24“.

*Grundriß des Helms* (S. 26): „1:40“.

*Aufriß vom Fußboden bis zur Helmspitze* (S. 23): „Der Plan ist gezeichnet im Maßstab 1:30; zwei fünftel Zoll Zeichnung = 1 Fuß in der Wirklichkeit oder 1 Zoll Zeichnung =  $2\frac{1}{2}$  Fuß Wirklichkeit. Das Schwindmaß des Pergaments ist nicht ganz so groß wie bei Riß A“.

Zwei Auffassungen stehen einander gegenüber: Nach der einen sei die gotische Bauzeichnung „unmaßstäblich“ („relativ maßstabslos“) über einer Proportionsfigur entstanden, nach der anderen — Friederich hat diese Auffassung als erster vertreten — sei sie maßstäblich gezeichnet, sei inzwischen aber durch Schwinden des Pergaments in ihren Abmessungen zurückgegangen.

Diese beiden Auffassungen unterscheiden sich nicht in Modalitäten, sie unterscheiden sich im Grundsatz.

In fotomechanischen Wiedergaben — in Abzügen oder Vergrößerungen, im Buchdruck oder in der Lichtbildprojektion — haben wir Bauzeichnungen täglich vor Augen. Wir nennen solche Wiedergaben „maßstäblich“. Maßstäblich sind sie jedoch nur im Sinne des faktischen Maßstabes, nicht im Sinne eines Zeichenmaßstabes. Dies bedeutet, um ein Beispiel zu geben: Die fotomechanische Wiedergabe eines Risses stehe zum Bauwerk im Größenverhältnis 1:99,5. Wer in diesem Maßstab zeichnen wollte, müßte jedes einzelne Baumaß durch 99,5 dividieren, um das Ergebnis auf dem Reißbrett antragen zu können. Wer so vorginge, würde feststellen, daß er am Reißbrett nicht vorankommt, weil er einen guten Teil seiner Zeit auf die Lösung von Rechenaufgaben verwendet. Hier kann das Lineal weiterhelfen, das die Maße der Zeichnung anzutragen sowieso bereit liegt: Nimmt man 1 cm des Lineals für 1 m des Bauwerks, zeichnet man im Verhältnis 1cm:1m



= 1:100. Entsprechend — nun mit ein wenig Kopfrechnen rasch zu erledigen —:

$$\begin{array}{rcl} 0,5 \text{ cm} : 1 \text{ m} & = & 1 : 200 \\ 2,0 & : 1 & = 1 : 50 \\ 5,0 & : 1 & = 1 : 20 \\ 10,0 & : 1 & = 1 : 10 \end{array}$$

Die Dezimalzahlen in unseren Zeichmaßstäben erklären sich aus der dezimalen Teilung unserer Maßeinheit. Ist die Maßeinheit, wie in den angelsächsischen Ländern bis heute, duodezimal geteilt, geht man genauso vor: Man benützt am Reißbrett des Kleinmaß stellvertretend für die Maßeinheit der Wirklichkeit. Nimmt man am Reißbrett 1'' für 1' der Wirklichkeit, zeichnet man im Maßstab 1:12. In den angelsächsischen Ländern werden bis heute die folgenden Maßstäbe benützt:

$$\begin{array}{rcl} 1'' & \text{—} & 1' \text{ entsprechend } 1 : 12 \\ 3/4'' & \text{—} & 1' \quad 1 : 16 \\ 1/2'' & \text{—} & 1' \quad 1 : 24 \\ 3/8'' & \text{—} & 1' \quad 1 : 32 \\ 1/4'' & \text{—} & 1' \quad 1 : 48 \\ 1/8'' & \text{—} & 1' \quad 1 : 96 \\ 1/16'' & \text{—} & 1' \quad 1 : 192 \end{array}$$

Die aus der duodezimalen Teilung der Maßeinheit hervorgegangenen Zeichenmaßstäbe lassen sich in der uns geläufigen Schreibweise (1:12, 1:48 usw.) wiedergeben. Unsere Zeichenmaßstäbe (1:10, 1:50 usw.) finden dagegen im duodezimalen System keine Entsprechung. Soweit also die Voraussetzungen der jüngeren Auffassung.

Nach der älteren Auffassung sei der gotische Riß über einer Proportionsfigur entstanden. Als Grundmaß habe der Zeichner eine Strecke von ihm passend erscheinender Länge gewählt. So hätte er seine Zeichnung in jeder beliebigen Größe ausführen können, aber nach dem Maßstab dieser Zeichnung zu fragen, wäre ihm nie in den Sinn gekommen. Eine derart entstandene Zeichnung würde irgend einen faktischen Maßstab aufweisen. Dieser faktische Maßstab würde nur zufällig einmal mit einem der Zeichenmaßstäbe übereinstimmen.

Daraus die Schlußfolgerung: Wäre möglich, für eine größere Anzahl gotischer Risse die faktischen Maßstäbe zu ermitteln, müßte sich herausstellen, ob dies Maßstäbe nach Zufall gestreut, die Risse also über Proportionsfiguren gezeichnet oder ob diese Maßstäbe nach einer Gesetzlichkeit gestaffelt, die Risse also maßstäblich gezeichnet sind.

Voraus ist einem Einwand zu begegnen: Dehio, Witzel, Durach, Kletzl und andere waren der Meinung, maßstäbliches Zeichnen sei ein hochkompliziertes Vorgehen, das nur als Ergebnis einer langen, erst in jüngerer Zeit einsetzenden Entwicklung zu verstehen sei. Eben deswegen sei das maßstäbliche Zeichnen dem mittelalterlichen Architekten gewiß unbekannt gewesen.

Dem ist nicht so, denn nicht das maßstäbliche Zeichnen, sondern das Zeichnen selbst setzt eine Entwicklung, richtiger: die Einsicht voraus, ein Bauvorhaben, das dem Bauherrn und seinem Architekten zunächst in bildhafter Vorstellung vorschwebt, sei nicht durch Konkretisierung dieser Bildvorstellung, sondern (mit Hilfe der orthogonalen Projektion) durch Abstraktion für die Baustelle vorzubereiten. War diese Einsicht gewonnen, stellte sich die Aufgabe maßstäblich zu zeichnen sofort. Diese Aufgabe zu lösen, bedurfte es keiner weiteren Entwicklung. Ein Lineal, auf dem die Maßeinheit und deren Unterteilung angegeben war, genügte vollauf.

So ist nicht verwunderlich, daß man nicht erst in der Neuzeit maßstäblich zu zeichnen begann. Bereits Jahrhunderte vor der Gotik haben Architekten maßstäblich gezeichnet<sup>701</sup>. Und während der Gotik war dieses Zeichenverfahren den Architekten durchaus nicht fremd, wie aus der schriftlichen Überlieferung deutlich hervorgeht:

In Bologna erhielt Antonio de Vincenti am 26. Februar 1390 den Auftrag, für die Kirche S. Petronio dem vorliegenden Entwurf entsprechend ein Modell im Maßstab 1:12 zu bauen<sup>702</sup>.

Weitere Auskünfte vermitteln Lorenz Lachers Unterweisungen. Da ist zunächst dem „großen Schuh“ der Wirklichkeit der „kleine Schuh“ der Zeichnung gegenübergestellt (59):

„Item wiltu aber das werckh gros machen, so muesdu es mit dem grossen schuech messen, wiltu aber das werckh klein machen, oder reisen, so muestu den kleinen schuech nemen, darnach muestu das Werckh theillen, die mauer dickhe, vnd die weite, thue es, so ist es recht“<sup>703</sup>. —

Lacher gab auch an, wie der Maßstab 1:24 darzustellen sei (58):

„Item wer ein werckh werckh, der ein khor oder ein kapellen, fissiren oder Reissen will recht, als wan ers grösser machen wolt, wie es stehn soll, der soll nemen, einen alten schuech, an einem Masstab, vnd sol denselben schuech teilen, in Vierundzweizig teill, Vnd ein Jekkliches teil, bedeut, einen Jungen schuech, darnach soll er diese fissierung [Visierung] stellen Zu einem Jekklichen Werkh“. —

Genauso die Maßstäbe 1:72 und 1:144 (52):

„Item wer gewinen wil, den Jungen masstab aus dem alten masstab, der nemb drey Zoll, an dem alten masstab, vnd theill die drey Zoll, in Neuntheill, vnd das der Neun-

<sup>701</sup> Aus Mesopotamien sind maßstäbliche Grundrißzeichnungen bekannt, so ein Wohnhausgrundriß der Ur-III-Zeit und ein neubabylonischer Tempelgrundriß (HEINRICH-SEIDL 1967, S. 33, 40). — Die unter Kaiser Septimius Severus hergestellte Forma Urbis Romae ist im Maßstab 1:240 (1'–20') aufgerissen. (C. CARETTONI, A. M. COLINI, L. COZZA, G. GATTI, La pianta marmorea di Roma antica, Rom 1960, S. 206.)

<sup>702</sup> „... Item etiam promixit et chonuenit supradictus magister Antonius prefatis officialibus et superstitibus ... facere construere et hedificare ... unam Ecclesiam siue capellam fondatam de lapidibus et calcina et de super teram de gisso smaltatam ... secundum quod apparet in quodam designato in carta bambacinis laborato ed designato per ipsum magistrum Antonium ... Ita quod quelibet pars ipsius Ecclesie siue capelle et quelibet mensura ipsius sit demonstratiua quo ad ecclesias predictam fiendam ... in qualibet mensura videlicet pro vnaquaque vncia mensure ipsius Ecclesie vno pede comunis quo ad Ecclesiam predictam ...“ (GATTI 1913, S. 293).

<sup>703</sup> Das am Reißbrett benutzte Maß wird gerne als der „kleine“ Fuß (die „kleine“ Elle) bezeichnet (vgl. Anm. 639a), was nur unter der Voraussetzung maßstäblichen Zeichnens sinnvoll ist.

teil so lang ist als daß ander, daß ist an dem alten schuech Zweyvndsibenzig Junger, vnd Deill den Jungen schuch Einen In Zweyteil, daß sint Hundert vnd Vierundsibenzig schuech, an dem alten schuech, disen Jungen masstab, soltu brauchen, wans du ein fissirung zu einem Werckh, wilt stellen, so trifft dir darnach der alt Masstab, dem grossen werckh auch zue<sup>704</sup>.

Nach alledem müßte jeder gotische Architekt im Stande gewesen sein, maßstäblich zu zeichnen. Mithin ist erlaubt, beide Auffassungen — der Riß über einer Proportionsfigur gezeichnet oder maßstäblich gezeichnet — als Möglichkeiten vorauszusetzen und den faktischen Maßstäben der Risse — zufällig gestreut oder gesetzmäßig gestaffelt — zu überlassen, in dieser Alternative eine Entscheidung zu treffen.

Für 46 Pergament- und für 15 Papierrisse lassen sich die faktischen Maßstäbe ermitteln. Dieser Ermittlung liegen Planmaße zu Grunde, die aus der in Veröffentlichungen genannten Gesamtlänge oder Gesamtbreite der Risse an Hand von Fotos errechnet wurden. Diese nicht an den Zeichnungen selbst genommenen Maße können auf volle Genauigkeit keinen Anspruch erheben.

In Abb. 91 sind die Zeichenmaßstäbe, die sich aus der duodezimalen (und dezimalen) Teilung der Maßeinheit ergeben, den faktischen Maßstäben dieser Risse gegenübergestellt. Vor allem im unteren Abschnitt der Abbildung sind die faktischen Maßstäbe und die Zeichenmaßstäbe offenkundig auf einander bezogen, allerdings derart, daß die faktischen Maßstäbe jeweils um etwa 6 % kleiner sind als der ihnen benachbarte Zeichenmaßstab. Im mittleren und im oberen Abschnitt dieser Abbildung, wo die Zahl der erhaltenen gebliebenen Risse größer ist, liegen die faktischen Maßstäbe zu Gruppen vereinigt, zwischen denen jeweils Lücken klaffen. Je größer die faktischen Maßstäbe werden, um so undeutlicher ist die zwischen ihnen und den Zeichenmaßstäben bestehende Relation, denn die faktischen Maßstäbe folgen hier, genau wie die Zeichenmaßstäbe, immer dichter aufeinander.

Die zwischen den faktischen Maßstäben der Risse und den benachbarten Zeichenmaßstäben bestehende Differenz — die Größe des Schwindmaßes also — läßt sich berechnen<sup>705</sup>. Sie beträgt für Pergament im Mittel etwa 7 %, für Papier im Mittel etwa 5 %.

Damit steht fest: 1. Die gotischen Risse sind maßstäblich gezeichnet, 2. Da das Zeichenmaterial geschwunden ist, stehen die Risse heute nicht mehr im Zeichenmaßstab, sondern in einem merklich geringeren faktischen Maßstab.

<sup>704</sup> Die 3 Zoll (oder die Neuntel) wären überdies zu halbieren, wenn man 72 „junge Schuh“ gewinnen will. Nach nochmaligem Halbieren erhält man zudem nicht 174, sondern 144 Teile. — Den Abschnitt (78), in welchem LACHER nochmals von den Zeichenmaßstäben handelt, hat der Abschreiber bis zur Unverständlichkeit verderbt: Da soll man den Fuß in 10 bzw. 22 Teile teilen, was in der duodezimalen Teilung des Fußes, von der Lacher in den übrigen Abschnitten seiner Unterweisungen ausgeht nicht wohl möglich ist. Überdies erhält man aus der Teilung des Fußes nicht den „großen“, sondern den „kleinen“ Fuß.

<sup>705</sup> Ist der faktische Maßstab 1 : m', der zugehörige Zeichenmaßstab 1 : m, so ist das Schwindmaß =  $100\% - \left( \frac{m \cdot 100}{m'} \right) \%$ .

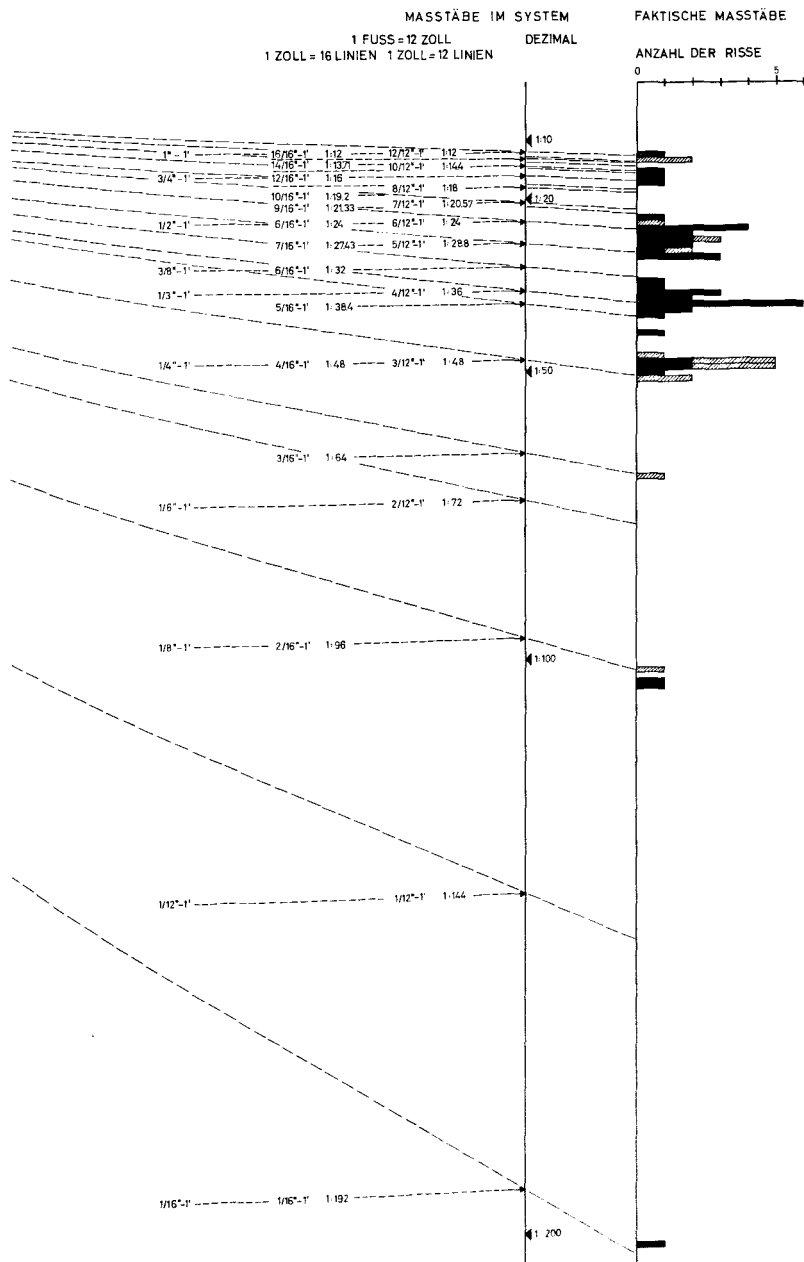


Abb. 91. Faktische Maßstäbe und Zeichenmaßstäbe gotischer Risse.

Die Frage nach der Auswirkung dieses Schwindens ist damit erst zum Teil beantwortet. Hinzu kommt: Pergament und Papier sind in den beiden Hauptrichtungen eines Blattes verschieden aufgebaut. Entsprechend unterschiedlich ist die Größe des Schwindmaßes in beiden Richtungen. Aber auch über die Blatbreite bzw. -höhe ist das Schwindmaß nicht einheitlich, vielmehr ist das Schwindmaß — eine ungestörte Struktur des Blattes vorausgesetzt — am einen Blattrand größer als am anderen. Demnach ist beispielsweise ein Quadrat, das der Zeichner einstens aufgerissen hat, heute verformt zu einem quadratähnlichen Viereck, dessen Seiten näherungsweise gleich lang, näherungsweise parallel und näherungsweise gerade sind. — Die größeren Risse sind stets aus mehreren Blättern zusammengesetzt. Aus jedem über Blattgrenzen hinausreichenden Planmaß errechnet sich demnach ein ausgemitteltes Schwindmaß, das von den Schwindmaßen der einzelnen Blätter erheblich abweichen kann.

Dieses in der Alterung des Zeichenmaterials begründete Schwinden der Risse wird überlagert von geringeren Größenänderungen, die im Wechsel der relativen Luftfeuchtigkeit ihre Ursache haben. Während einer Vermessung der Ulmer Pergamentrisse erhöhte sich die Luftfeuchtigkeit von etwa 50 % auf 58 %, womit sich die Pergamente und mit ihnen die Abmessungen der Zeichnungen um etwa 0,8 % vergrößerten<sup>706</sup>.

Diese beiden Größenänderungen der Risse — das in Jahrhunderten sich erheblich auswirkende Schwinden und die geringere, einer Änderung der Luftfeuchtigkeit rasch nachfolgende Reaktion — können von einer weiteren Störung überlagert sein<sup>707</sup>. So sind die Abmessungen eines gotischen Risses innerhalb gewisser Grenzen auch heute noch instabile Größen.

## D. Schluß

Die einzige Blindrillenzeichnung, die einen gotischen Riß auf eine Proportionsfigur zurückführen sollte, hat sich als Irrtum erwiesen. Die manchen Rissen beigefügten „Maßstäbe“ weisen weder auf die Maßstäblichkeit, noch auf die

<sup>706</sup> Für unsere modernen Papiere gilt dasselbe. Transparente Zeichenpapiere ändern ihre Größe, wenn die Luftfeuchtigkeit zwischen 30 und 90% wechselt, in der Längsrichtung bis etwa 1%, in der Querrichtung bis etwa 6%. Selbst für den mehrfarbigen Kartendruck benützte Papiere sind nicht maßhaltig. Für sie lauten die entsprechenden Werte 0,15 bis 0,55% bzw. 0,24 bis 2,08% (JORDAN-EGGERT-KNEISSL, Handbuch der Vermessungskunde, Bd. 1a, Stuttgart 1957, S. 110).

<sup>707</sup> Für die Höhe des Ulmer Turmrisse C. von der Standlinie bis zum Scheitel der Madonna gemessen, stehen 7 um Jahre auseinanderliegende Meßwerte zur Verfügung: 1. HASSLER (1864, S. 97) maß 1356 pariser Linien = 305,9 cm. — 2. KLAIBER (1911, S. 30) nannte 307 cm. — 3. FRIEDERICH (1962, S. 33, 38) gab den wohl in den 30er Jahren ermittelten Wert nur indirekt an: Aus dem Achsenabstand der westlichen Strebe Pfeiler errechnete er den faktischen Maßstab des Risses zu 1 : 50,5; aus diesem Maßstab gewann er — in der unzutreffenden Annahme, die vertikalen Schwindmaße der 5 Blätter des Risses seien diesem horizontalen Schwindmaß des ersten Blattes gleich — die Bauhöhe des Turmes zu 154,89 m. Daraus das Planmaß der Turmhöhe = 15489 cm : 50,5 = 306,7 cm. — Der aus seinem Bergungsort wieder zurückgekehrte Riß wurde 1956 plangelegt. Schwinden des Risses waren 10 Jahre danach die Schleifen hochgezogen, die Leinwand gerissen. — 4. Herr Dr. Lehmbruck maß 1958 die in Frage stehende Höhe zu 302,5 cm. — 5. und 6. Ich selbst maß 1965 300,30 cm, 1966 301,05 cm. — 7. Herr Dr. Lehmbruck maß 1969 301,3 cm. — Wie aus diesen Meßwerten hervorgeht, ist der Riß C 1956 um etwa 6 cm zurückgegangen.

Unmaßstäblichkeit dieser Risse hin. Die für etwa 60 Risse ermittelten faktischen Maßstäbe sind nicht nach Zufall gestreut, wie bei Anwendung von Proportionsfiguren zu erwarten, sie sind gesetzmäßig gestaffelt, was für die Maßstäblichkeit der Risse spricht. Über ein im Mittel etwa 7 % bzw. 5 % großes Schwindmaß lassen sich diese faktischen Maßstäbe auf Zeichenmaßstäbe zurückführen.

Nun, da die Protokolle der Mailänder Hütte mit Antonio de Vincenti, Gabriele Stornaloco und Cesare Cesariano übereinstimmend von Maßzahlen berichten, da die Schriftquellen — Bauordnungen und Bauverträge, Entwürfe und Kostenanschläge, Bauaufträge, Abrechnungen und Baubeschreibungen — immerzu Maßzahlen nennen, da die Baumaße des Freiburger Münsterturms auf einfache Maßzahlen zurückgeführt sind — nun könnte man versuchen, einen gotischen Riß nicht als Graphik zu betrachten, sondern als Bauzeichnung zu lesen.

## XI. Zum Versuch einen gotischen Riß zu lesen

Wie ist vorzugehen?

Am einfachsten wäre, einen Riß und das in ihm dargestellte Bauwerk Maß für Maß einander gegenüberzustellen. So ergäben sich faktische Maßstäbe und Schwindmaße sozusagen von alleine.

So vorzugehen wäre jedoch gefährlich, da sich die erzielten Ergebnisse einfach deswegen als zutreffend darstellen müßten, weil es keine Möglichkeit gibt, solche Ergebnisse auf ihren Wahrheitsgehalt zu prüfen.

Zudem wäre stillschweigend vorausgesetzt, dieser Riß stimme in seinen Maßen mit dem bestehenden Bau überein. Aber manche Originalzeichnung ist einfach deswegen erhalten geblieben, weil sie im Baubetrieb nicht verschlissen wurde, was bedeutet, daß sie der Bauausführung nicht zugrunde lag. Andererseits sind manche der erhalten gebliebenen Risse offenkundig nicht Kopien, sondern mehr oder minder freie Repliken verlorengegangener Originale.

Werden aber Riß und Bauwerk miteinander von vornherein identifiziert, muß sich jede Nichtübereinstimmung in den faktischen Maßstäben und folglich in den Schwindmaßen des Risses niederschlagen. Damit wären diese Ergebnisse gewiß irrig, sie wären in ihrer Begründung zudem völlig undurchsichtig und überdies wären sie aus den genannten Gründen widersprüchlich.

Auch aus einem anderen Grunde ist es nicht sinnvoll, diesen Weg einzuschlagen. An einem Riß möchten wir über den faktischen Maßstab und mit ihm über das Schwindmaß, letztlich also über den Zeichenmaßstab Gewißheit erhalten. Aber davon allein zu reden, lohnt nicht. Weshalb sollten wir nicht auch das Wichtigere zu klären suchen — Maß und Zahl?

Riß und Bauwerk sind demnach nicht von vornherein miteinander zu verbinden. Einzusetzen ist am Bauwerk, denn nur dieses, nicht der inzwischen deformierte Riß, kann über die damals gebrauchte Maßeinheit Aufschluß geben.

Der nächste Schritt: Wie kann man vom Bauwerk auf den Riß zurückschließen? Der Riß ist deformiert. Wir haben Kenntnis von der Größenordnung des Schwindmaßes; sie läßt einigen Spielraum. Wir wissen auch, daß das Schwindmaß in den beiden Hauptrichtungen eines Blattes ungleich ist; aber da wir dem Blatt nicht ansehen können, in welcher Richtung wir das größere, in welcher wir das kleinere Schwindmaß suchen sollen<sup>708</sup>, wird der Spielraum der Möglichkeiten derart groß, daß selbst bei planmäßigem Vorgehen an kein Ziel zu kommen ist.

Wie müßte also der Riß beschaffen sein, der uns zu diesem ersten Versuch zureichende Voraussetzungen gewährt?

Zum ersten müßte er seine Übereinstimmung mit dem Bauwerk aus sich selbst glaubhaft machen. Eine gewisse Gattung gotischer Risse erfüllt diese Bedingung unter einer bestimmten Voraussetzung wenigstens für die hauptsächlichsten Horizontalmaße: Hat ein Entwurfsmeister die Absicht, für einen bereits begonnenen Turmbau seinen von der bisherigen Planung vielleicht abweichenden Riß auszuarbeiten, bleibt ihm keine andere Wahl, als von dem bereits realisierten Horizontalmaßen — der Breite des Turmschaftes, vor allem der über mehrere Geschosse konstanten Entfernung der Strebepfeilerachsen — auszugehen. Auch wenn er der Versuchung, die Vertikalmaße des bereits Bestehenden im Sinne seines Entwurfes zu idealisieren, erliegen sollte — in solchen horizontalen Maßen müßte sein Entwurf mit den Baumaßen übereinstimmen, wenn sein Entwurf nicht Utopie bleiben sollte. Damit wäre der Spielraum der Möglichkeiten für die hauptsächlichsten Horizontalmaße auf die einzig zutreffende, am Bau verwirklichte Möglichkeit reduziert.

Aber auch wenn gelingen sollte, einen Turmriß ausfindig zu machen, der diese Voraussetzung erfüllt — gewonnen wäre wenig, denn für die Vertikalmaße bliebe der Spielraum der Möglichkeiten unverändert bestehen. Dies aus zwei Gründen: Zum einen ist nicht bekannt, ob die Vertikalmaße des Risses mit den Vertikalmaßen des Bauwerks übereinstimmen. Wer diese Maße einander unbezogen gleichsetzt, wird im Zweifelsfall, wie gesagt, irrig, völlig undurchsichtige und widersprüchliche Ergebnisse erzielen. Zum anderen, angenommen man versuche zu prüfen, ob die Vertikalmaße von Riß und Bauwerk übereinstimmen: Die Vertikalmaße des Bauwerks sind eindeutig, sie lassen sich in Meter genauso wie in der an der Baustelle einstens gebrauchten Maßeinheit angeben. Der Riß liefert

<sup>708</sup> Die dem Buchbinder geläufige Probe, ein quadratisch zugeschnittenes Blatt in der einen und in der anderen Richtung, an den gegenüberliegenden Kanten unterstützt, durchhängen zu lassen und aus der unterschiedlichen Größe des Durchhanges den entsprechenden Schluß zu ziehen, ist an einem gotischen Riß nicht gut durchzuführen.

jedoch nur vertikale Planmaße. Wie groß diese Planmaße einstens im nicht deformierten Riß waren, ist unbekannt. Wir wissen nur, daß die ursprünglich gegebenen Abmessungen des Risses um eine gewisse Größenordnung zurückgegangen sind und daß das Ausmaß dieses Rückganges für die horizontale und für die vertikale Richtung eines Blattes ungleich ist. Erfüllt der Riß die genannte Voraussetzung für die Horizontalmaße, ist ohne weiteres möglich, das horizontale Schwindmaß zu bestimmen. Offen bleibt dabei die Frage, ob dieses Schwindmaß das kleinere oder das größere von den beiden Schwindmaßen dieses Blattes sei und — falls diese Frage zu beantworten wäre — die zweite Frage: innerhalb welchen Spielraums das vertikale Planmaß mit Einrechnung des vertikalen Schwindmaßes ein Vielfaches der Maßeinheit anzeige, das sich mit dem analogen Baumaß vergleichen lasse?

Anders gesagt: Gesucht wird ein Turmriß, der, dem erläuterten Zwang entsprechend, mit dem Bauwerk in gewissen Horizontalmaßen übereinstimmt. Ein Turmriß, der diese Voraussetzung anbieten könnte, wäre dennoch so lange unnütz, als er nicht mit derselben Eindeutigkeit auch über seine vertikalen Maße Auskunft geben könnte.

Beide Bedingungen zugleich erfüllt unter den erhalten gebliebenen Pergamentrissen der Gotik ein einziger: der Aufriß C des Ulmer Münstersturms, den Matthäus Böblinger um 1480 entworfen hat<sup>709</sup>.

## XII. Die Aufrisse des Ulmer Münstersturms

Ehe wir uns diesem Riß und den weiteren Aufrissen des Ulmer Münstersturmes zuwenden, ist, wie gesagt, erforderlich, die Größe der Maßeinheit festzustellen.

### A. Die Ermittlung der Maßeinheit

In den Markierungen eines jeden zur Längenmessung benützten Gerätes über eine definierte, mit ausreichender Genauigkeit reproduzierte und vor allem konstante Maßeinheit zu verfügen, gilt heute den meisten als selbstverständlich. Was Wissenschaft, Technik und staatliche Verwaltung aufzuwenden haben, diese vermeintliche Selbstverständlichkeit zu verwirklichen, bedenken nur wenige.

Mit den Hilfsmitteln, die früheren Generationen zu Gebote standen, war möglich, ein Längennormal zu schaffen. Davon ausreichend genaue Kopien herzustellen, machte erhebliche Mühe. Die im Alltag gebrauchten Meßgeräte we-

<sup>709</sup> Unter den auf Papier gezeichneten Rissen nimmt der Aufriß A des Domturmes in Frankfurt a. M. dieselbe Sonderstellung ein.



nigstens mit den Kopien in Übereinstimmung zu halten, war kaum möglich. Waren aber nicht vollkommen übereinstimmende Geräte im Gebrauch und bestand, wie zu allen Zeiten, die Gewohnheit knapp zu messen, mußte die Maßeinheit dazu neigen, im Laufe der Zeit kleiner zu werden. So maß der bologneser Fuß im Mittelalter 38,22 cm, um 1800 nur noch etwa 38,00 cm, die Mailänder Elle um 1400 etwa 61,30 cm, um 1850 nur noch 59,49 cm, der Freiburger Stadtschuh im Jahre 1295 32,45 cm, um 1850 nur noch 31,67 cm<sup>710</sup>. Nach solchem Vorgang ist zu vermuten, auch der Ulmer Schuh sei zu Beginn des 19. Jh. merklich kleiner gewesen als im Mittelalter.

Versuchen wir also, von den jüngeren Notierungen ausgehend, den Ulmer Schuh soweit als möglich zurückzuverfolgen<sup>711</sup>.

Im 19. und im späten 18. Jh. gaben die Nachschlagewerke dem Ulmer Schuh zwischen 28,8 und 29,2 cm<sup>712</sup>.

Im Jahre 1782 hat Haid das im Steuerhaus der Stadt hinterlegte Normal und dessen in der Schlosserstube des Stadtwerkhofes benützte Nachbildung zu 29,50 cm gemessen<sup>713</sup>; 1777 gab Haffner dem Ulmer Schuh nur 29,22 cm<sup>714</sup>. Erhalten gebliebene Zollstöcke dieser Zeit bestätigen die eine wie die andere Angabe<sup>715</sup>. — Um weitere 150 Jahre führt eine ebenso geniale wie in der Geschichte des Meßwesens ungewöhnliche Normierung zurück. Johann Kepler war in der Absicht nach Ulm gekommen, seine Rudolfinischen Tafeln in Druck zu geben<sup>716</sup>. Der Rat der Stadt nützte die Gelegenheit, für eine Neuordnung der Ulmer Maßeinheiten Keplers Hilfe zu erbitten. In seinem am 30. Juli 1627 ausgefertigten Gutachten<sup>717</sup> empfahl dieser, die Maßeinheiten des über Land gehenden Leinwand- und Weinhandels, Elle und Eimer, auch den Zentner, der an das Kölner Münzpfund und das Apothekengewicht gebunden war, nicht zu ändern. Dem System anzupassen seien nur Einheiten von örtlicher Bedeutung, so das Hohlmaß für trockene Güter, da die Stadt ihr Getreide aus der Umgebung beziehe,

<sup>710</sup> Zu Bologna vgl. Abschnitt III A 1, zu Mailand Abschnitt III A 4 und NOBACK 1851, S. 624, zu Freiburg i.Br. Abschnitt IX und Noback 1851, S. 271.

<sup>711</sup> KOSSMANN (1925, S. 59, 104) hat die Größe des Ulmer Schuh aus der „heiligen Linie“, d. i. der Entfernung von Hochaltar und Westportal des Münsters, abzuleiten versucht, indem er diese Entfernung für 14 „große Einheiten“ nahm, deren jede  $2 \cdot 2 \cdot 7 =$  Schuh zu je 30,96 cm halten sollte. — MOSSSEL (1926, S. 90) ist gelungen, die Größe des Ulmer Schuh aus den Kotenabständen des Risses C zu gewinnen, obwohl man 1926 von Zeichenmaßstäben gotischer Risse so wenig wußte wie vom Schwinden des Pergaments. — Mössel teilte nicht mit, wie er vorging. Er stellte lediglich fest: „Die Annahme von 0,300 m für den Fuß als Einheitsmaß der Ausführung [des Ulmer Münsters] ist begründet durch die auf dem Böblinger-Auflauf aufgeschriebenen Maßzahlen.“ Die so ermittelte Maßeinheit und einige in einer Bauaufnahme abgestochene „Baumaße“ haben Mössel ermöglicht, den Grundriß des Ulmer Münsters auf eine Proportionsfigur zurückzuführen.

<sup>712</sup> HASSLER (1864, S. 97) 128,1 Pariser Linien = 28,889 cm. — NOBACK (1851, S. 1304) 28,9 cm. — O. V.: Das französische Maß und Gewicht verglichen mit dem in verschiedenen Gegenden Deutschlands gebräuchlichen, Duisburg und Essen 1812 (vgl. WEDEPOHL 1967, S. 303 f.) 28,887 cm. — MAYER (1777, Tabelle bei S. 52) 129,53 Pariser Linien = 29,219 cm.

<sup>713</sup> KOLLE 1903, S. 42.

<sup>714</sup> Ebenda.

<sup>715</sup> Ebenda.

<sup>716</sup> J. HAMMER, Johannes Keplers Ulmer Jahr, in: Ulm und Oberschwaben, Ztschr. f. Geschichte und Kunst 34, 1955, S. 76.

<sup>717</sup> Das Gutachten im Wortlaut bei L. F. OFTERDINGER, Über Maß und Gewicht der Reichsstadt Ulm, in: Verhandl. d. Vereins f. Kunst und Altertum in Ulm und Oberschwaben, NF 5, 1873, S. 55.

genauso der Schuh, „weylen der sich allein Inner halb der Stadt erhellt“. Um die auf einander bezogenen Maßeinheiten der Stadt „zu conserviren“, sei ein Normgefäß zu gießen, das z. B. die Länge des Schuh mit der halben Tiefe des Gefäßes angebe. Dieses Gefäß, den heute im Ulmer Museum gezeigten „Stantner“, hat der Glockengießer Hans Braun 1627 gegossen. Die mangelnde Maßgenauigkeit des Gußstückes war zu Keplers Mißvergnügen auch durch Nacharbeiten nicht zu beheben. So wird der Fuß des Stantners in der Literatur unterschiedlich angegeben: Offerdinger nennet 29,3 cm<sup>718</sup>, Schefold 29,2 cm<sup>719</sup>, Alberti 29,2 cm<sup>720</sup>; die zuverlässigsten Angaben macht der Ulmer Eichmeister Herrenberger: Aus dreizehn zwischen 29,31 und 29,43 schwankenden Meßergebnissen erzielte er als Mittel 29,3744 cm<sup>721</sup>. — Verlässliche Hinweise, die älter wären als die genannten Nachrichten, sind für den städtischen Schuh nicht bekannt.

Neben dem im Alltag von jedermann gebrauchten Schuh wurde in manchen Städten eine zweite, „Werkschuh“ genannte Maßeinheit ausschließlich im Bauwesen angewandt<sup>722</sup>. Also die Frage: Benützte man an der Baustelle des Münsters den Stadtschuh oder einen besonderen Werkschuh?

In der zweiten, 1731 erschienenen Ausgabe seiner Beschreibung des Ulmer Münsters nennt Elias Frick etliche Baumaße, „wie selbige erst neulich ein Werkmeister accurat gemessen“<sup>723</sup>. Stellt man diese Maßzahlen den in Meter benannten Maßzahlen derselben Baumaße gegenüber, erhält man für die Maßeinheit — Frick nennt sie bald „Schuh“, bald „Werkschuh“ — etwa 29,5 cm<sup>724</sup>. Schuh und Werkschuh hatten demnach unter wechselnden Namen dieselben Länge. — Kepler gibt dieselbe Auskunft, wenn er in seinem Gutachten nur von einem einzigen Schuh spricht, der auch „zu den Gebäuden und Holz gebraucht würdt“. — Schließlich berichtet Sebastian Fischer in seiner Chronik, er habe im Jahre 1551 „die Kirchen abgemessen, wie lang und weytt sy sey“<sup>725</sup>. Seine in „Werkschuh“ benannten Maßzahlen den entsprechenden in Meter benannten Maßzahlen gegenüber gestellt, geben dem Werkschuh etwa 29,4 cm.

Damit steht fest: Der Ulmer Schuh, dessen Länge vom 16. bis zum 19. Jh. zu etwa 28,8 bis etwa 29,5 cm überliefert ist, war in diesen Jahrhunderten auch die

<sup>718</sup> L. F. OFFERDINGER, Über den Keplerschen Kessel im Ulm, in: Verhandl. d. Vereins f. Kunst und Altertum in Ulm und Oberschwaben, NF 2, 1870, S. 50.

<sup>719</sup> M. SCHEFOLD, Kepler und das Ulmer Maß- und Gewichtssystem, in: Beiträge zur Geschichte der Technik, Bd. 19, Berlin 1929, S. 170.

<sup>720</sup> ALBERTI 1957, S. 59.

<sup>721</sup> KOLLE 1903, S. 40.

<sup>722</sup> Vgl. Anm. 648a.

<sup>723</sup> FRICK 1731, S. 10.

<sup>724</sup> Eine genauere Bestimmung der Maßeinheit ist nicht möglich, da Frick nicht angibt, wo sein Werkmeister zwischen divergierenden Fluchten gemessen hat. Beispielsweise betrage die Weite des Langhauses 166'4". Im Osten des Langhauses mißt man 48,65 m, im Westen 48,91 m. So gewinnt man aus Fricks Maßzahl den Schuh hier entweder zu 29,24 oder zu 29,40 cm.

<sup>725</sup> Sebastian FISCHERs Chronik Bl. 427: „So ist die kirch lang von der vnderen kirchir bei den glogken, biß hinauff zum Sacramenthauß ann das eyse getter am kor 320 werkschu. vnd ist darnach zufoll (zudem) hinauff biß an die Maur hindem frontaltar der kor lang 106 werkschu. ist also In ainer Sum die kirch lang von der vnderen kirchir bey den glogken biß hinauff an die maur hindern fron altar 426 werkschu. Weytter so ist die kirch In der braytte . . . 165 werkschu vnd ain halben schu. . . .“ — Im Jahr zuvor hat Fischer auch die Höhe des Turmes, allerdings mit offenkundig irrigem Ergebnis, gemessen.

Maßeinheit des Bauwesens. Ob diese Maßeinheit auch den plangemäßen Abmessungen des Münsters zugrunde liege — dies ist nun die Frage.

Wir ermitteln die Größe der Maßeinheit nach dem bereits beschriebenen Verfahren<sup>726</sup>. In der letztmöglichen Annäherung entspricht der Schuh des Ulmer Münster 29,62 cm<sup>727</sup>.

Die in Meter genommenen Baumaße des Münsters lassen sich in diesem Schuh mit geringen Differenzen in einfachen Maßzahlen angeben:

#### Mauer- und Pfeilerstärken

	Ist	Fuß	Soll	Diff.
Triumphbogen	1,625 m	5'6"	1,63 m	— cm
Abseitenmauer	1,36	4'6"	1,33	— 3
Mittelschiffpfeiler				
lang	1,855	6'3"	1,85	—
breit	1,92	6'6"	1,93	+ 1
Strebepfeiler des Turmes				
nach Osten	1,92	6'6"	1,93	+ 1
nach Süden	1,77	6'	1,78	+ 2

#### Quermaße des Langhauses östlich des Turmes

	Ist	Fuß	Soll	Diff.
Abseitenmauer	1,36 m	4'6"	1,33 m	— 3 cm
Nordschiff i. L.	14,90	50'3"	14,89	— 1
Arkatur	1,92	6'6"	1,93	+ 1
Mittelschiff i. L.	15,27	51'6"	15,26	— 1
Arkatur	1,92	6'6"	1,93	+ 1
Südschiff i. L.	14,90	50'3"	14,89	— 1
Abseitenmauer	1,36	4'6"	1,33	— 3

Aus diesen Mauer- und Lichtmaßen ergeben sich die folgenden Flucht- und Achsmaße des Langhauses:

Mittelschiff Achsmaß =  $51'6'' + 2 \cdot \frac{6'6''}{2} = 58'$ , Achsen des Mittelschiffs  
bis Außenflucht der Abseiten =  $\frac{6'6''}{2} + 50'3'' + 4'6'' = 58'$ .

Daraus die gesamte Breite des Langhauses =  $3 \cdot 58' = 174'$  und das Lichtmaß des Langhauses =  $174' - 2 \cdot 4'6'' = 165'$ .

<sup>726</sup> Auf Messungen des Münsterbauamtes beruhende Maßzahlen sind in dem Grundriß des Münsters genannt, der in der Zeitschrift *Ulm und Oberschwaben* 9, 1900 veröffentlicht wurde. — Im Sommer 1966 stand die Nordseite des Münsterturmes in ganzer Höhe des Vierorts im Gerüst. Herr Münsterbaumeister K. Friedrich gestattete freundlichst, dieses Gerüst zur Messung einiger Vertikalmaße des Turmes zu nützen, ihm und meinen Helfern, Frh. cand. arch. B. Werner und Herrn Dipl.-Ing. C. Rautenberg, sei auch an dieser Stelle gedankt.

<sup>727</sup> Demnach war auch der Ulmer Schuh im Mittelalter merklich größer als um 1800.

**Quermaße des Turmes und der seitlichen Westjoche des Langhauses**

	Ist	Fuß	Soll	Diff.
Nordschiff i. L.	14,025 m	47'6"	14,07 m	+ 4 cm
Turm Nordmauer	3,50	12'	3,55	+ 5
Lichtmaß	13,60	46'	13,63	+ 3
Südmauer	3,50	12'	3,55	+ 5
Südschiff i. L.	14,10	47'6"	14,07	— 3
Gesamt	48,79	165'	48,88	+ 9

**Längsmaße des Langhauses**

In der nördlichen Arkatur messen die Joche von der Flucht der Triumphbogenmauer bis zur Achse der östlichen Turmmauer 7,20 m — 7,195 — 7,155 — 7,555 — 6,86 — 7,265 — 7,16 — 7,28 — 9,77 — 9,77. Das vorletzte Joch ist mit Rücksicht auf das Südportal gedehnt. In der Abfolge der übrigen Joche ist das 4. größer, das folgende kleiner als die übrigen. Das Mittel dieser beiden Joche ist 7,207 m, das Mittel der weiteren normal großen Joche 7,208 m, d. h. der 4. Pfeiler ist an der Baustelle irrig eingemessen worden. Die Jochmaße lauten demnach:

7,21	24'4"	7,21	—
9,77	33'	9,78	+ 1

Die Summe dieser Jochmaße ist  $8 \cdot 24'4" + 2 \cdot 33' = 260'8"$ .

Nach so vielen runden Maßzahlen ist dies ein verwunderlicher Wert, der sich wohl daraus erklärt, daß die in Verlängerung der östlichen Turmmauer stehenden Strebepfeiler — ihre Stärke mißt 1,77 bzw. 1,73 m — aus der Achse dieser Turmmauer etwa 20 cm nach Osten gerückt sind. Die lichte Länge der Seitenschiffe beträgt nördlich 76,07, südlich 76,16 m. Also:

$76,07 + \frac{1,77}{2} = 76,955$	260'	77,03	+ 8
$76,16 + \frac{1,73}{2} = 77,025$	260'	77,03	—

**Horizontalmaße der Turmfront**

Achismaß

der westlichen Strebepfeiler

vom Sockel

bis ins Martinsgeschoß

vom Martinsgeschoß

bis zur Bläsergalerie

Achismaße des Blendmaßwerks

an den Flanken der Strebepfeiler

im Martinsgeschoß

17,065	57'6"	17,03	— 3
16,295	55'	16,29	—
0,21   0,96	9"   3'3"	0,22   0,96	+ 1   —
0,75	2'6"	0,74	— 1
1,92	6'6"	1,93	+ 1

**Vertikalmaße der Turmfront**

Bläsergalerie				
Brüstung OK	70,81	239'	70,80	— 1
Brüstung FB	69,61	235'	69,62	+ 1
Maßwerkbrücke	60,41	204'	60,43	+ 2
Gesims OK	54,23	183'	54,21	— 2
Maßwerk Fuß	49,74	168'	49,77	+ 3
Gesims OK	49,22	166'	49,18	— 4
Gesims OK	43,28	146'	43,25	— 3
Maßwerk Kämpfer	39,04	131'9"	39,03	— 1
Gesims Nase	29,05	98'	29,03	— 2
Gesims OK	15,43	52'	15,40	— 3
Gesims OK	6,49	22'	6,52	+ 3
Sockel OK	0,65	2'3"	0,67	+ 2
Vorhalle FB	0,00	0'	0,00	—

**B. Die Ermittlung der Planmaße**

Einen Pergamentriß zu vermessen koste Zeit und Mühe, sei im übrigen aber unproblematisch — dachte ich.

Der Direktor des Ulmer Stadtmuseums, Herr. Dr. Pée, war so freundlich, den Riß C aus der Vitrine nehmen zu lassen. Die am Riß genommenen Maße führten in der Auswertung von einem Widerspruch zum andern. Schließlich stellte sich, wie gesagt, heraus, daß der Riß während der Vermessung um etwa 0,8 ‰ — dies sind in der Höhe des Turms 24 mm — größer geworden war. Die während verschiedener Größenzustände des Pergaments genommenen Maße konnten nie zusammen passen. Die nachträglich festgestellte Ursache dieser Größenänderung: In der Vitrine hatte sich das Pergament auf eine relative Luftfeuchtigkeit von etwa 50 ‰ eingestellt, im Raum betrug die Luftfeuchtigkeit 58 ‰. Nach dieser Erfahrung blieben die Risse während der weiteren Messungen in der Vitrine.

Gemessen wurde mit einem eigens hergestellten Peilgerät<sup>728</sup>. Es besteht aus zwei 8×8 cm großen Plexiglasplatten, die an ihren Ecken durch 5 cm lange Distanzhalter verbunden sind. In beide Platten ist mittig ein „Faden“ eingerissen. Das Gerät ist über einem Spiegel derart justiert, daß die Fäden in einer Ebene liegen, die zur Außenfläche der einen Platte winkelnrecht steht. Mit dieser Außenfläche wird das Gerät auf die Vitrine derart aufgesetzt, daß sich die beiden Fäden mit der einzumessenden Kontur des Risses decken. Abgelesen wird auf einem Lineal — in die Grundplatte ist eine entsprechend große Nut eingefräst, — das gegen den Rahmen der Vitrine gestoßen ist. Nachdem die beiden Fäden etwa 6 cm auseinanderliegen und die Vitrinen des Ulmer Museums etwa 1 cm tief sind

<sup>728</sup> Herr Prof. J. Hengartner, Direktor der Ingenieurschule in Ulm, war so hilfsbereit, dieses Gerät anzugeben und herstellen zu lassen. Dafür mein Dank auch an dieser Stelle.

— der im Stuttgarter Landesmuseum gezeigte Riß liegt sogar unmittelbar hinter Glas — ist mit diesem Gerät eine Meßgenauigkeit von wenigstens  $\pm 0,25$  mm erreichbar.

Diese Meßgenauigkeit ist nicht optimal; für einen im Maßstab 1:48 gezeichneten Riß bedeutet sie eine Ungewißheit von immerhin  $\pm \frac{1}{2}$  Zoll. Glücklicher wäre, den Riß in einem klimatisierten Raum auszulegen und ihn hier, sobald er zur Ruhe gekommen ist, mit einem Koordinatographen zu vermessen. Klimatruhe und Meßgerät im gleichen Raum irgendwo — etwa in einer Technischen Universität — zusammenzubringen, wäre nicht allzu schwierig, aber einen gotischen Riß dorthin auf die Reise zu schicken, wäre riskant. Mit den Geräten auf die Reise gehen zu können, ist jedoch einstweilen ein Wunschtraum. So müssen wir uns hier mit der Meßgenauigkeit des Peilgeräts zufriedengeben.

Immerhin: Der Rechnungsgang, in den nicht die gemessenen Werte, sondern deren Differenzen eingehen, bietet die Möglichkeit, die Auswirkungen der Meßungenauigkeit für die vertikalen Planmaße weitgehend, für die horizontalen Planmaße nahezu vollständig zu eliminieren.

### C. Die Risse

Die Ulmer Bürgerschaft hatte ihre neue Pfarrkirche 1377 zu bauen begonnen. Geplant war, einen von Türmen flankierten Chor und ein Hallenlanghaus mit eingebundenem Westturm zu errichten. Mit Kontrastierung und strafferen Bindungen zugleich trieb Ulrich von Ensingen diesen Plan ins Große: Das hohe Mittelschiff eines basilikal gestaffelten Langhauses gegen die ersten beiden Geschosse des Westturmes weit geöffnet und derart bis zur Westfront durchgreifend, hier der erdgeschossigen Turmhalle voraus eine zwischen die Turmstreben eingefügte Vorhalle, über ihr das vom Mittelschiff her sichtbare Martinsfenster, im folgenden Geschoß das Geläut, schließlich der zweigeschossige Achtort und der Helm. Nicht nur in der Disposition, auch in den wesentlichen Gedanken der Durchbildung war dieser Plan verbindlich für die nachfolgenden Entwürfe. Ulrich wurde am 17. Juni 1392 als „getrúwer maister“ bestellt. Im gleichen Jahr oder wenig später dürfte sein Turmriß A entstanden sein.

Ulrichs Sohn Matthäus wölbte den Chor und das nördliche Seitenschiff. 1454 stellte er den Glockenstuhl im Hauptturm fertig.

Moritz Ensinger, ein Sohn des Matthäus, wurde am 9. Oktober 1465 auf 10 Jahre, bereits am 11. Juli 1470 auf Lebenszeit zum Meister bestellt. Er wölbte 1469—71 das Mittelschiff, ist aber in den späteren 70er Jahren — er verstarb als Werkmeister in Bern — wieder ausgeschieden. Ihm wird der Riß B zugesprochen.

Matthäus Böblinger wurde im Jahre 1477 vorläufig, am 14. Oktober 1480 auf Lebenszeit eingestellt. In diesen Jahren dürfte sein Riß C entstanden sein, dessen

Beischriften mitteilen, Böblinger habe das Glockengeschloß aufgeführt und den Achtort des Turmes begonnen.

Etwa gleichzeitig und offenbar in Konkurrenz zu Böblingers Entwurf entstand Riß D, der das Zeichen Jörg Syrlins d. J. trägt.

Von diesen Rissen sei hier nicht in zeitlicher Abfolge die Rede. Vielmehr ist aus bereits genannten Gründen mit Riß C zu beginnen. Die übrigen Risse sollen nach dem Grad der zu überwindenden Schwierigkeiten folgen.

### 1. Matthäus Böblingers Riß C

Der Riß<sup>729</sup> ist auf ein 64,5 cm breites, 305,0 cm hohes Pergament gezeichnet, das aus fünf Blättern zusammengeklebt wurde (Abb. 92). Das erste Blatt steht in einem Elfenbeinton, auch das zweite ist licht, die Farbe der übrigen Blätter spielt ins helle Braun.

Bis auf die dem zweiten Blatt benachbarten Regionen der Blätter 1 und 3 scheint der Riß plan zu liegen. Im seitlichen Scheinwerferlicht zeigen sich aber mäßig große Wellen und Buckel über das Pergament nahezu gleichmäßig verteilt.

Auf der flaumigen, zum Zeichnen benützten Innenseite des Pergaments sind Blindrillen einer Vorzeichnung nicht erkennbar. Die Reinzeichnung ist mit der Reißfeder hergestellt, nichtgeometrische Details sind mit der Zeichenfeder nachgetragen. Die Tinte steht in einem braunen bis schwarzbraunen Ton. Einige in der Zeichnung verdorbene Stellen sind mit weichem Bleistift freihändig und überschlägig ergänzt.

Seinen Urheber nennt der Riß mit drei Mitteilungen zugleich: Oberhalb der auf der Helmspitze stehenden Madonna ist ein 2,5×6,7 cm großer Pergamentzettel dem Riß aufgeklebt. Er trägt das Zeichen Böblingers mitten in der Jahreszahl 1494. Zudem stehen am rechten Rand des Risses zwei Beischriften, die beide von rechts her zu lesen sind. Die eine — „1 Da hat angefangen zuo machen an dem duorm zuo ulm mathes boeblinger“ — setzt in Höhe der Fensterbank des Glockengeschosses ein, die andere — „2 Da hat uffgehert zuo buowen an dem duorm mathes boeblinger“<sup>730</sup> — beginnt oberhalb des Achtortsockels.

<sup>729</sup> Literatur: HASSLER 1864, S. 97. — PFLEIDERER 1905, Sp. 19. — PFLEIDERER 1907, S. 18. — KLAIBER 1911, S. 334 f. — TIETZE 1930, S. 7. — KLETZL 1939, S. 119. — FRIEDERICH 1962, S. 33. — Nachzeichnungen: Georg MÖLLER (1815, Taf. 57) veröffentlichte den ganzen Riß auf etwa 1/3 des Originals verkleinert, dazu in voller Größe einen Ausschnitt aus Achtort und Helm. Georg G. KALLENBACH bot den Riß nochmals in etwa 1/3 der Originalgröße (Atlas zur Geschichte der Deutsch-mittelalterlichen Baukunst, München 1849, Taf. 70). Eine dritte Nachzeichnung in halber Größe des Originals hat Christian W. SCHMIDT (1850) in seine Sammlung aufgenommen; obwohl mit größter Sorgfalt hergestellt und nicht ohne Grund als „Faksimile“ bezeichnet, kann auch diese Nachzeichnung das Original nicht ersetzen. In der Absicht, Mittel für den erstrebten Ausbau des Turmes zu beschaffen, veranlaßte HASSLER 1864 eine Nachzeichnung des Risses im Maßstab 1:100. Zur selben Zeit und ebenfalls in der Zeichenstube des Münsterbauamtes entstand eine originalgroße Nachzeichnung des Risses (Foto Marburg 85 769); sie war bis vor kurzem im Südschiff des Münsters zu sehen.

<sup>730</sup> Wenig abweichende Lesungen gaben PFLEIDERER (1905, Sp. 19), KLAIBER (1905, S. 334) und TIETZE (1930, S. 7).

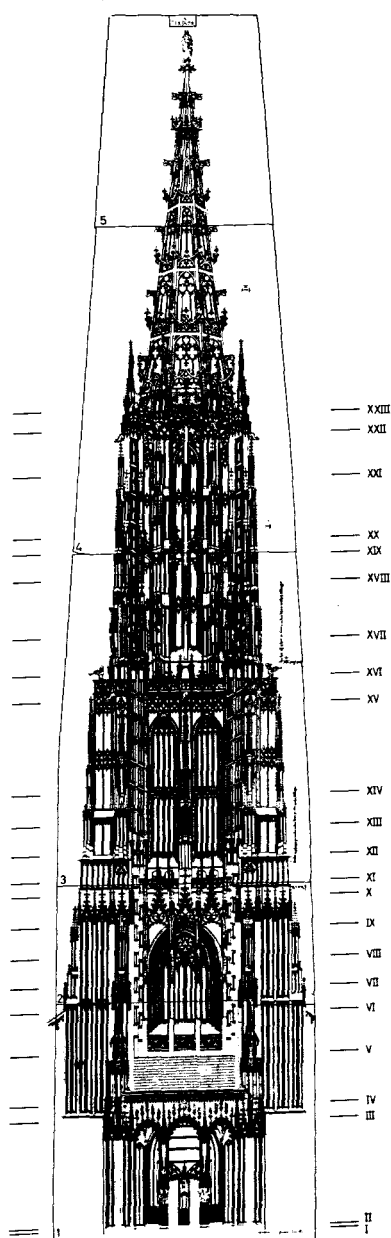


Abb. 92. Ulm Münsterurm Riß C.



Wie die erste Beischrift versichert, wurde der Riß gezeichnet, als der Bau des Turmes bis über das Martinsgeschoß hinausgediehen war. Damit erfüllt dieser Riß die erste der genannten Bedingungen.

Er erfüllt auch die zweite Bedingung, denn er nennt Höhenmaße:

In halber Höhe des Martinsfensters<sup>730a</sup>, unmittelbar über dem Ansatz des rechten Strebebogens, erkennt man auf dem Riß, wenn auch mit Mühe, die Ziffer 1, dahinter — mehr zu ahnen als zu sehen — die Ziffer 0. Die in halber Größe des Originals veröffentlichte Nachzeichnung des Risses<sup>731</sup> bietet an dieser Stelle „100 β“, ebenso eine ältere Fotografie des Risses, die mir in einem 54 cm hohen Abzug vorliegt. Es folgen „145 β“ unterhalb des Gesimses, mit dem das Martinsgeschoß schließt, „240 β“ am Beginn der zweiten Beischrift, „300 β“ in halber Höhe des Achtorts und — in die genannte, 1850 veröffentlichte Nachzeichnung nicht aufgenommen<sup>732</sup>, auch in der Literatur bisher nicht erwähnt — „400 β“ in halber Höhe des Helmes.

Diesen in Schuh benannten Maßzahlen<sup>733</sup> ist jeweils ein Zeichen beigefügt. In der genannten Fotografie — der Riß versagt heute an dieser Stelle genauso wie die Nachzeichnung — möchte ich unmittelbar über „100 β“ ein horizontales Strichlein erkennen, von dessen Enden zwei weitere Strichlein ausgehen, die sich nach unten verkreuzen. Bei „300 β“ und bei „400 β“ kehrt dasselbe Zeichen wieder. In reicherer Form — unter einem längeren Horizontalstrich zwei Kreuzchen — findet sich dieses Zeichen bei „145 β“ und, nochmals bereichert um ein auf dem horizontalen Strich stehendes lateinisches Kreuz, bei „240 β“.

Pressel und Klaiber wollten in diesem aufwendigsten Zeichen eine Steinmetzmarke erkennen<sup>734</sup>. Aber woher soll sich ein Steinmetz — es sind dreierlei Zeichen, also drei Steinmetzen? — das Recht nehmen, einen Riß zu signieren, der das Zeichen des Hüttenmeisters trägt? Fragen wir also anders: Weshalb stehen diese Zeichen stets bei den Maßzahlen des Risses? Und: Weshalb stehen die beiden reicheren Zeichen gerade dort, wo die Beischriften vom Beginn und vom Abschluß der Tätigkeit Böblingers berichten? Da gibt es nur eine Antwort: Diese Zeichen sind keine Steinmetzmarken. Ihnen allen ist das horizontale Strichlein gemeinsam. Mit diesen Strichlein ist jeweils die Höhe angerissen, die den in Schuh benannten Maßzahlen entspricht. Anders gesagt: Diese Zeichen und die Maßzahlen bilden zusammen ein Ganzes, das wir heute „Kote“ nennen<sup>735</sup>.

<sup>730a</sup> Das sich im ersten Obergeschoß des Turmes nach Westen öffnende Fenster besaß eine Farbverglasung mit Darstellung der Legende des hl. Martin.

<sup>731</sup> Vgl. Anm. 729.

<sup>732</sup> Nachgetragen in Abb. 92, die auf dieser Nachzeichnung beruht.

<sup>733</sup> Im Grundriß des Augsburger Domchors (Wien Ak. 16 846) ist den Maßzahlen jeweils ein aufrecht stehendes, beiderseits eingedrücktes Oval hinzugefügt. Dieses Bildzeichen für „Fuß“ oder „Schuh“ ist im Ulmer Riß C durch jenen Buchstaben β ersetzt, der unter allen Zeichen des Alphabets diesem Bildzeichen am nächsten kommt. Pfeleiderer und mit ihm Tietze lasen hier fs, Klaiber las B.

<sup>734</sup> PRESSEL 1877, S. 91, Anm. 112. — KLAIBER (1911, S. 334) eliminierte das horizontale Strichlein und fügte die verbleibenden drei Kreuze zu einem Steinmetzzeichen zusammen.

<sup>735</sup> In dem auf Papier gezeichneten Frankfurter Riß A sind die mit Maßzahlen bezeichneten Strecken durch Querstriche begrenzt. Auch dieses Vorgehen war in der Gotik nicht üblich.

## a) Die Maße des Risses

Es geht darum, die im Riß einstens niedergelegten Maße aus dem inzwischen deformierten Pergament als bezifferte Größen zurückzugewinnen.

Die am St. Galler Plan bewährte graphische Integration<sup>735a</sup> ist dazu nicht das rechte Mittel, denn das Vermögen dieses Verfahrens, Planmaße auf Sollmaße zurückzuführen und zugleich zwei Störgrößen — die Ungenauigkeit einer freihändig gezeichneten Kopie und die dem Zeichner unterlaufenen Verschwenkungen des Pergaments — aus den Planmaßen gesondert abzuspalten, bietet hier keinen Gewinn. Überdies ist dieses Verfahren hier kaum anzuwenden, da es vergleichsweise große und womöglich gleichgroße Maßschritte voraussetzt<sup>736</sup>. Im Ulmer Riß C, wie in allen gotischen Rissen, haben die Maße jedoch unterschiedliche, häufig nicht nur in Fuß, sondern auch in Zoll benannte Größen. Wer unter solchen Voraussetzungen mit Hilfe der graphischen Integration Entscheidungen zu treffen versucht, bewegt sich bereits in der Größenordnung der genannten Meßungenauigkeit<sup>737</sup> und fordert überdies von der Reißbrettarbeit, die als ein Hilfsmittel von beschränkter Leistungsfähigkeit erkannt ist, mehr als dieses Hilfsmittel zu leisten vermag. Daher der Zwang, hier ein nichtgeometrisches Verfahren heranzuziehen, ein Verfahren überdies, das im Stande ist, die genannte Meßungenauigkeit möglichst weitgehend zu eliminieren.

## aa) Die horizontalen Maße

Die Vermutung war ausgesprochen, in die nach Beginn eines Turmbaues gefertigten Turmrisse sei wenigstens das wichtigste Horizontalmaß des Bauwerks, das Achsmaß der Strebepeiler, zutreffend eingegangen. Diese Annahme gilt es zunächst zu prüfen.

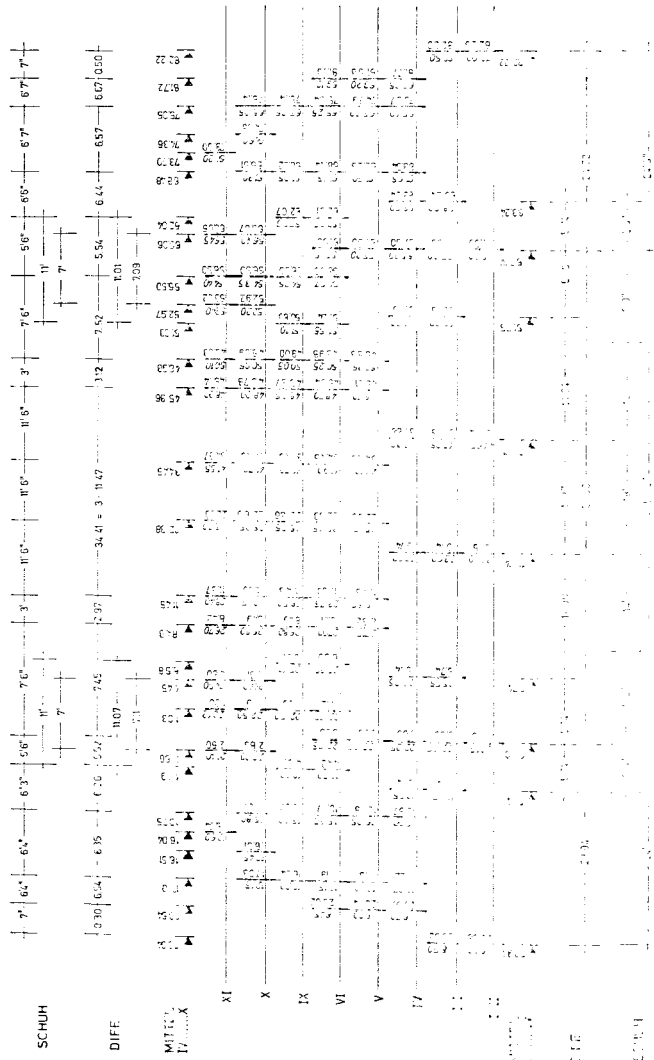
Am Bau mißt das Achsmaß der westlichen Strebepeiler im Vorhallengeschöß 17,065 m entsprechend 57'6". Welches Maß gibt der Riß C für dieselbe Strecke an?

Dieses Maß läßt sich ableiten aus dem Fries, der sich unter der Traufe der Vorhalle hinzieht. Die Einheiten dieses Frieses haben gleichbleibende Breite. Anfang und Ende des Frieses sind im Riß nahezu unkenntlich. Meßbar sind immerhin 22 auf einander folgende Einheiten = 28,20 cm. Das Achsmaß der Strebepeiler mißt im Riß 32,75 cm. Diesem Achsmaß entsprechend also  $\frac{32,75 \text{ cm} \cdot 22}{28,20 \text{ cm}}$  = 25,549 Einheiten des Frieses.

<sup>735a</sup> HECHT 1965, S. 175.

<sup>736</sup> Im St. Galler Plan entspricht die Maschenweite des quadratischen Rasters  $2\frac{1}{2}' \approx 4 \text{ mm}$ .

<sup>737</sup> Für sich alleine lassen sich Hauptmaße nur unter der Voraussetzung in Maßzahlen angeben, daß man lediglich runde Maßzahlen zuläßt. Diese Voraussetzung zu prüfen ist aber nicht möglich, solange man sich auf Hauptmaße beschränkt. Daher sind Hauptmaße als Summe ihrer Teilmaße anzugeben. Für die Teilmaße ist wiederum nicht vor auszusetzen, daß sie einem ganzzahligen Vielfachen der Maßeinheit entsprechen. Ist aber die Unterteilung der Maßeinheiten nicht auszuschließen, bewegt man sich in den Ulmer Rissen trotz ihrer vergleichsweise großen Zeichenmaßstäbe bereits in der Größenordnung der Meßungenauigkeit des Peilgeräts.



Ulm, Münster, Riß C, Rechenschema I



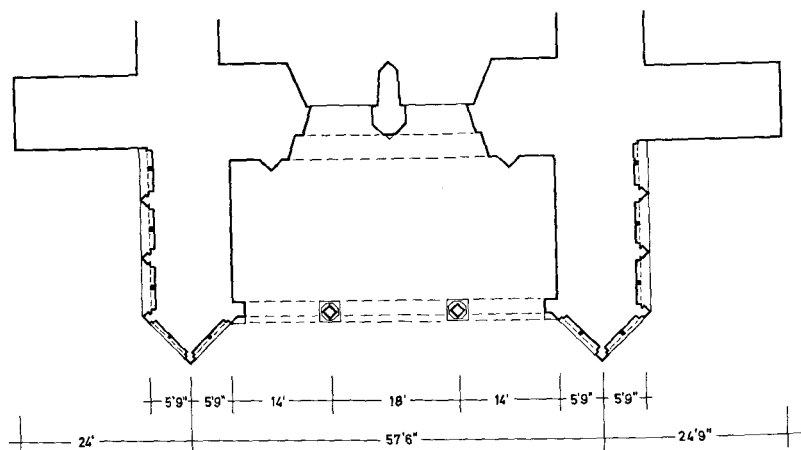


Abb. 93. Ulm Münsterturm Riß C, schematischer Grundriß des Vorhallengeschoßes.

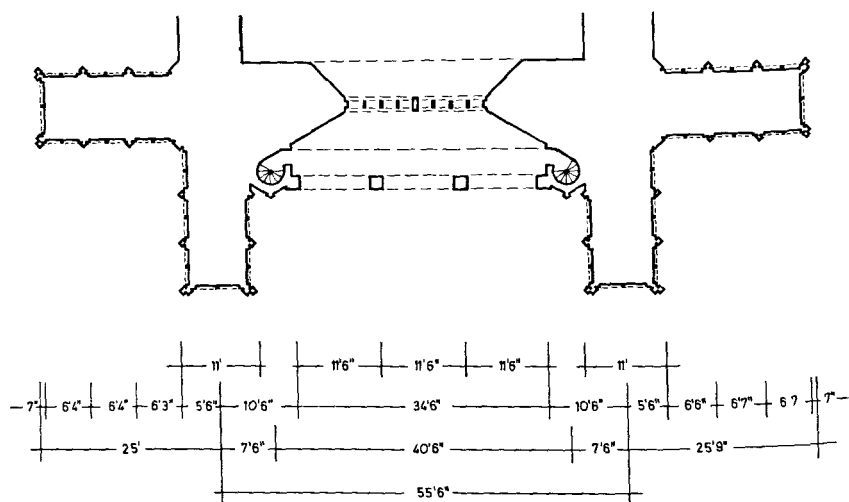


Abb. 94. Ulm Münsterturm Riß C, schematischer Grundriß des Martinsgeschosses.

Die diesen beiden Planmaßen entsprechenden Maßzahlen lassen sich aus dem Verhältnis der beiden Planmaße ableiten. Geben wir nämlich den Einheiten des Frieses versuchsweise 2', hält das Achsmaß der Strebepfeiler  $2 \cdot 25,549 = 51,09'$ . Entsprechend der faktische Maßstab des Risses<sup>738</sup>  $= \frac{32,75 \text{ cm}}{51,09 \cdot 29,62 \text{ cm}} \rightarrow 1:46,21$  und

<sup>738</sup> Zum Folgenden: Der Ulmer Schuh = 29,62 cm und, wie aus der nächstfolgenden Tabelle hervor-  
geht, der Zeichenmaßstab des Risses C 1 : 48.

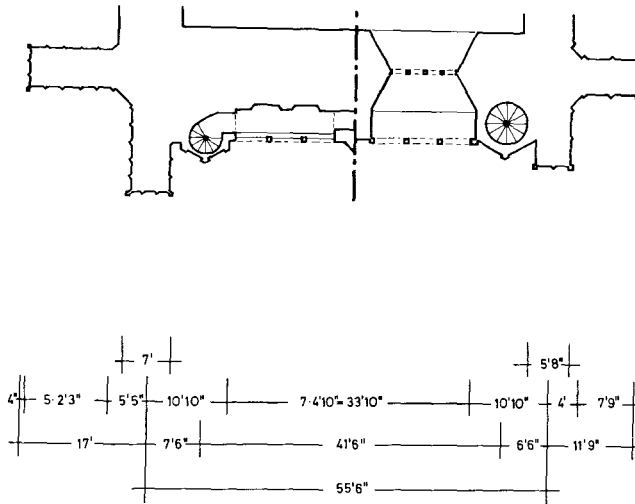


Abb. 95. Ulm Münsterurm Riß C, schematischer Grundriß des Glockengeschosses.

das zugehörige Schwindmaß des Pergaments =  $100 - \frac{48 \cdot 100}{46,21} = - 3,8 \frac{0}{10}$ , d. h. nicht Schwund, sondern Dehnung.

Dies ist nicht möglich. Also weitere, ebenfalls hypothetische Benennungen für die Einheiten des Bogenfrieses:

## A c h s m a ß e

Bogenfries	Strebepeiler	Fakt. Maßstab	Schwindmaß
2'1''	53,22'	1:48,1	0,3 <sup>0</sup> / <sub>10</sub>
2'2''	55,35'	50,0	4,1
2'3''	57,48'	51,9	7,6
2'4''	59,61'	53,9	10,9
2'5''	61,74'	55,8	14,0
2'6''	63,87'	57,6	16,8

Nach allem, was über die Größenordnung des Schwindmaßes einstweilen bekannt ist, dürften 4,1 oder 7,6<sup>0</sup>/<sub>10</sub> Schwund am ehesten zutreffen. Den entsprechenden Tabellenwerten — sie sind durch den Einfluß der Meßungenauigkeit verstimmt — entnehmen wir daher: Das Achsmaß der Strebepeiler mißt entweder 55'4" oder 57'6". Der zuerst genannte Wert erweist sich in den folgenden Schritten als irrig, der mit dem Baumaß übereinstimmende Wert 57'6" dagegen bewährt sich.

Die vorderen Abschnitte der Strebepeiler sind in Höhe des Martinsfensters zu Fialtürmen umgebildet. Hinter diesen Fialtürmen erheben sich die Strebepeiler mit verkleinertem Achsmaß. Wie groß ist dieses zweite Achsmaß?

Im Schnitt VI — die Höhenlage der Schnitte ist in Abb. 92 angegeben — mißt das Achsmaß der unteren Strebepfeiler 33,10 cm. Die oberen Strebepfeiler sind hier links um 0,65, rechts um 0,58 cm<sup>739</sup> eingerückt. Die Achsendifferenzen betragen demnach in Schuh:

$$\begin{array}{lcl} \text{links} & \frac{57,50' \cdot 0,65 \text{ cm}}{33,10 \text{ cm}} & = 1,12' \\ \text{rechts} & \frac{57,50' \cdot 0,58 \text{ cm}}{33,10 \text{ cm}} & = 1,00' \end{array}$$

Daß der Turm symmetrisch gezeichnet sei, ist zunächst zu vermuten. Wie erklärt sich nun das Differieren dieser beiden Werte?

Drei Möglichkeiten einer Erklärung stehen zur Wahl: 1. Unter der Voraussetzung, die durch Ausmitteln reduzierte Meßungenauigkeit sei gleich Null, die Zeichnungenauigkeit ebenso, wären die Achsen der Strebepfeiler links um 1'1" (1,083') oder um 1'2" (1,166') versetzt, rechts dagegen um 1'. So hielte das zweite Achsmaß 55'5" oder 55'4". — 2. Unter der Voraussetzung, der eine Wert sei zutreffend, der andere sei — im wesentlichen durch eine Zeichnungenauigkeit — verdorben, hielte das zweite Achsmaß 55'6", 55'4" oder 55'2". — 3. Unter der Voraussetzung, in der Zeichnung sei — ebenfalls durch eine kleine Zeichnungenauigkeit — die eine Distanz etwas zu klein, die andere etwas zu groß geraten, wäre aus beiden Werten das Mittel zu ziehen. Nun hielte das zweite Achsmaß 55'4".

Zwischen diesen drei Möglichkeiten, d. h. zwischen den Achsmaßen 55'6", 55'4" und 55'2" von den Planmaßen her eine Entscheidung zu treffen ist nicht möglich, denn 1" Baumaß entspricht 0,47 mm der Zeichnung, die Grenze der Meßungenauigkeit des Peilgeräts liegt in derselben Größenordnung. Aber davon abgesehen: Auch die genaueste Messung kann nicht darüber entscheiden, ob dem Zeichner hier eine Ungenauigkeit unterlaufen ist oder nicht.

Eine Entscheidung zu treffen ist nur möglich, indem man jeden dieser einstweilen gleichrangig nebeneinander stehenden Erklärungsversuche als zutreffend unterstellt und zusieht, wie sich jede dieser Möglichkeiten mit den übrigen Horizontalmaßen des Martinsgeschosses verträgt. Diese Versuchsrechnungen seien hier übergangen. Ihr Ergebnis: Die Achsen der oberen Strebepfeiler sind links genauso wie rechts um 1' nach innen gerückt, das zweite Achsmaß ist demnach um 2' kleiner als das erste, es mißt 55'6".

Verfolgen wir die Achsen der eingerückten Strebepfeiler aufwärts, machen wir in der Scheitelhöhe des Martinsgeschosses eine überraschende Feststellung: In den Achsen der Strebepfeiler stehen hier Wimperge. Über ihnen, in der ersten

<sup>739</sup> Die Stirnseiten der Strebepfeiler sind zur Achse spiegelbildlich gegliedert. Die im algebräischen Mittel vereinigten Meßwerte der Gliederung lassen sich zur genaueren Bestimmung der Achse heranziehen.

Partie des folgenden Geschosses, stehen Blendmaßwerke. Im gegliederten Aufbau der Strebepfeiler ist nichts unternommen, was hier ein nochmaliges Versetzen der Achsen begründen, vorbereiten und durchführen könnte. Dennoch stimmen die Achsen der Wimperge des Martinsgeschosses mit den Achsen der Blendmaßwerke des folgenden Geschosses nicht überein. Weshalb?

Die Aufklärung ist den Meßwerten nicht eines, sondern zweier Schnitte (X und XI) zu entnehmen, zwischen denen — dies bedeutet eine nicht geringe Erschwerung — eine Blattgrenze liegt. Gemessen ist:

	links	rechts	Achsmaß
Schnitt XI	22,42 cm	54,40 cm	31,98 cm
Schnitt X	22,50	54,35	31,85
Diff.	0,08	0,05	

Im Schnitt X entsprechen dem zweiten Achsmaß der Strebepfeiler 31,85 cm = 55'6". Diesem Verhältnis entsprechend die Größe der Achsendifferenzen in Schuh:

$$\begin{array}{lcl} \text{links} & \frac{55,50' \cdot 0,08 \text{ cm}}{31,85 \text{ cm}} & = 0,13' \approx 1'' \\ \text{rechts} & \frac{55,50' \cdot 0,05 \text{ cm}}{31,85 \text{ cm}} & = 0,08' \approx 1'' \end{array}$$

Ist demnach das zweite Achsmaß der Strebepfeiler von dieser Höhe an beiderseits um 1" auf 55'8" vergrößert? Alle Versuche, Horizontalmaße des Glockengeschosses aus einem vergrößerten Achsmaß abzuleiten, schlagen fehl. Nimmt man aber an, das Achsmaß der Strebepfeiler betrage von dieser Höhe an unverändert 55'6" — der Mangel jeder architektonischen Überleitung stützt diese Annahme — ist unschwer möglich, die horizontalen Planmaße des Glockengeschosses in Maßzahlen zu überführen.

Die an dieser Stelle augenscheinliche und durch Messung bestätigte Achsendivergenz bedarf gleichwohl einer Erklärung. Zwischen den Schnitten X und XI liegt, wie gesagt, die Grenze der Blätter 2 und 3. Über diese Blattgrenze hinweg laufen die vertikalen Konturen des Risses im Bereich der Turmachse leidlich ungestört. Je weiter die Vertikalen jedoch von der Turmachse entfernt liegen, um so mehr sind sie an der Blattgrenze gegen einander versetzt. Für diesen Befund, der unmöglich zu Lasten des Zeichners geht, gibt es nur eine Erklärung: Irgendwann hat sich die Verleimung der beiden Blätter gelöst<sup>740</sup>; als die Blätter wieder verbunden werden sollten, hatten sie sich ungleich verzogen<sup>741</sup>.

<sup>740</sup> Pergament wird mit Stärkekleister verklebt, da dieser im Unterschied zu anderen Klebstoffen auf Pergament keine Flecken hinterläßt. Die Lebensdauer dieses Kleisters ist begrenzt. Sie kann die Einheit eines Risses in Frage stellen, wie das Schicksal des Ulmer Risses B deutlich zeigt.

<sup>741</sup> Dies dürfte vor 1850 geschehen sein, da die von Schmidt veröffentlichte Nachzeichnung diese Achsenversetzung bereits wiedergibt.



Um aus dem Ergebnis dieser einleitenden Schritte die Summe zu ziehen: Das Achsmaß der westlichen Strebebfeiler hält von der Standlinie bis ins Martinsgeschoß 57'6", von da bis zur Bläsergalerie 55'6". Mit diesen Maßen ist in den Schnitten I ... XV jeweils ein verhältnismäßig großes Planmaß einer Maßzahl gleichgesetzt. Das Verhältnis beider erlaubt — zunächst innerhalb der beiden Strebebfeilerachsen, — weitere Planmaße in Maßzahlen zu überführen.

Den Arbeitsgang möchte das Rechenschema 1 in seiner Anordnung deutlich machen: Für die Schnitte I ... XI sind die Achsen der Strebebfeiler strichpunktartig angegeben, die Achsen der Wendeltreppen gerissen, die übrigen Achsen mit durchlaufendem Strich. Jedem Schnittpunkt sind zwei Zahlen beigelegt. Die linke, kursiv geschriebene Zahl nennt den mit dem Peilgerät von der Vitrinenkante her gemessenen Abstand des Punktes in cm, die rechte Zahl ist die zugehörige Schuhzahl. Um von etwaigen Ungenauigkeiten der Vitrinenkante frei zu werden, wurden die Rechenwerte auf die Achse des linken Strebebfeilers bezogen (daher in den Schnitten I ... IV bei dieser Achse die zweite Zahl 0,00, in den folgenden Schnitten 1,00). Die in den Schnitten jeweils gemessenen Achsenabstände der Strebebfeiler wurden den ermittelten Schuhzahlen gleichgesetzt (daher bei den Achsen der Strebebfeiler rechts als zweite Zahl 57,50' bzw. 56,50'). Diesem Verhältnis von Planmaß und Schuhzahl entsprechend wurden die Planmaße der weiteren Schnittpunkte in Schuhzahlen umgerechnet (das Ergebnis ist mit der zweiten Zahl dieser Punkte angegeben). In der Wertung dieser Schuhzahlen ist zu berücksichtigen, daß die Meßgenauigkeit des Peilgeräts begrenzt ist. Um diese teils positiven, teils negativen Ungenauigkeiten sich gegenseitig so weit als möglich ausgleichen zu lassen, ist aus den Schuhzahlen, die für dieselbe Achse in mehreren Schnitten ermittelt wurden, jeweils das algebraische Mittel gezogen (unter bzw. über dem Rechenschema „Mittel“). Die Differenzen dieser Mittel (in der folgenden Zeile „Diff.“) geben die Horizontalmaße in Schuh. Die Differenzen sind von Ungenauigkeiten nicht völlig frei. Diese Ungenauigkeiten begründen sich zu einem Teil in den noch nicht völlig ausgeglichenen Meßungenauigkeiten, zu einem anderen Teil gehen sie vielleicht auf ein nicht völlig lineares Schwinden des Pergaments zurück; gewiß ist an ihnen die Zeichenungenauigkeit des Risses ebenfalls beteiligt. Diese Anteile von einander zu scheiden ist nicht möglich. Aber selbst wenn wir die gesamte Ungenauigkeit dem Zeichner zur Last legen wollten — die Planmaße um höchstens 0,6 mm, im Mittel um 0,2 mm, zurecht zu rücken würde bereits genügen, um einfache Schuhzahlen zu erhalten —, wäre diese Größe der Ungenauigkeiten für das Können des Zeichners ein guter Ausweis.

Die aus dem Rechenschema („Schuh“) in die schematischen Grundrisse (Abb. 93 und 94) übertragenen Maßzahlen geben z. B. an: Im Vorhallengeschoß das Achsmaß der mittleren Pfeiler der Portalvorhalle 18', das Achsmaß der seitlichen Pfeiler dieser Vorhalle 14', die Achsen der Strebebfeilergliederung je 5'9";

im Martinsgeschoß das Achsmaß der vor dem Fenster stehenden Pfosten  $11'6''$ , das Achsmaß der Wendeltreppen  $40'6''$ <sup>742</sup>.

In dieses Rechenschema sind nur die wichtigsten Teilmaße des Risses eingegangen. Weitere Teilmaße lassen sich in Schuh und Zoll genauso angeben, z. B.: In den Pfeilerachsen der Vorhalle steigen Fialen auf, deren Achsen jeweils mit einer der Achsen des Bogenfrieses übereingehen. Dem Achsmaß der mittleren Arkade ( $18'$ ) entsprechen 8 Einheiten des Bogenfrieses. Die Breite dieser Einheiten hatten wir eingangs zu  $2'3''$  vermutet. Nun die Bestätigung:  $2'3'' \cdot 8 = 18'$ . — Über der mittleren Arkade der Vorhalle stehen auf Konsolen 7 Figuren. Die Achsendistanz dieser Konsolen — sie teilt das Achsmaß der Pfeiler ebenfalls in 8 Abschnitte — ist  $18' : 8 = 2'3''$ . — Das Achsmaß der seitlichen Arkaden der Vorhalle mißt  $14'$ . Über diesen Archivolten stehen 5 Konsolen. Deren Achsendistanz ist  $14' : 6 = 2'4''$ .

Das 2. Rechenschema — der Arbeitsgang und seine Darstellung im Schema bedürfen keiner Erläuterung mehr — gilt dem Glockengeschoß des Vierorts und dem Achtort. Im Glockengeschoß ist der vor der Turmachse aufsteigende Pfeiler  $6'$  breit, die Stäbe des Schleierwerks haben  $4'10''$  als Achsenabstand, zwischen den äußeren Stabachsen und den Achsen der von unten kommenden Wendeltreppen liegen je  $3'4''$ . Die Achsen der Wendeltreppen sind in diesem Geschoß um  $1'$  nach außen versetzt, das Achsmaß der Wendeltreppen vergrößert sich damit von  $40'6''$  auf  $42'6''$  (Abb. 95).

Außerhalb der mittleren Bahn der drei Geschosse des Vierorts liegen die Flanken der seitlichen Turmstreben. Ihnen gelten die seitlichen Abschnitte der beiden Rechenschemata.

Voraus dies: In der mittleren Bahn des Vierorts hatten wir für jeden Schnitt das zwischen den Strebeachsen liegende Planmaß mit der entsprechenden Maßzahl identifiziert. Da nicht zu erwarten ist, in den seitlichen Teilen des Risses sei das Pergament anders geschwunden als zwischen den westlichen Strebepfeilern, wird statthaft sein, auch in diesen seitlichen Teilen von dem für jeden Schnitt im mittleren Bereich festgestellten Verhältnis von Planmaß und Schuhzahl auszugehen. Auf die Frage, ob das Schwindmaß innerhalb eines Schnittes tatsächlich konstant sei oder nicht doch geringfügig changiere, werden wir zurückkommen.

Die Auswertung der seitlichen Abschnitte der Schnitte I... XV bringt folgendes Ergebnis: Die Flanken der seitlichen Strebepfeiler haben im Glockengeschoß übereinstimmende Abmessungen (von der Achse der westlichen Strebepfeiler an gemessen  $17'$  am Fuß,  $11'9''$  in den folgenden Partien). Im Martinsge-

<sup>742</sup> In beiden Geschossen des Vierorts sind die Wendeltreppen im Querschnitt seckig und derart orientiert, daß sie mit einer Kante nach Westen schauen.

schoß, wo die Flanken der Strebepfeiler in der unteren Partie mit drei, in der oberen mit zwei gleichartigen Blendmaßwerken bekleidet sind, stellt sich heraus: Die an den Turmschaft anschließenden Blendmaßwerke sind um 1'' weniger breit als die nach außen folgenden. Zudem sind alle Blendmaßwerke des südlichen Strebepfeilers (6'6'' — 6'7'' — 6'7'') um 3'' breiter als die Blendmaßwerke des nördlichen Strebepfeilers (6'3'' — 6'4'' — 6'4'')<sup>743</sup>. Demnach mißt die Ausladung der seitlichen Strebepfeiler (im Vorhallengeschoß von der Achse der westlichen Strebepfeiler an gemessen) nördlich 24', südlich 24'9'', d. h. die gesamte Breite des Turmes mißt nach der einen Variante 105'6'', nach der anderen 107'. In einem Turmriß den Entwurf in mehreren Varianten dargestellt zu sehen, ist nicht überraschend. Überraschend ist hier, die Varianten so wenig voneinander abweichend zu finden, daß erst die Messung und deren Auswertung die beim Betrachten des Risses kaum merklichen Unterschiede aufdeckt.

Nun die Horizontalmaße des Achtorts. Bei Auswertung der Schnitte I . . . XV hatten wir vom Achsmaß der westlichen Strebepfeiler ausgehen können. Diese Strebepfeiler enden in Höhe der Bläsergalerie. Dennoch ist nicht schwierig, aus den Horizontalmaßen des Vierorts eine Meßbasis für die Horizontalmaße des Achtorts abzuleiten: Im dritten Geschoß des Vierorts mißt das Achsmaß der Wendeltreppen 42'6''. Die Treppengehäuse sind hoch über der Galerie mit kleinen Helmen beschossen, für die das Achsmaß der Wendeltreppen noch immer gilt. Vor den Schrägseiten des Achtorts sind weitere Treppentürmchen aufgebaut. Sie sind im Querschnitt achteckig — die „perspektivische“ Brechung des abschließenden Gesimses samt der Brüstung zeigt dies deutlich — und derart orientiert, daß sie mit einer Seite nach Westen, demnach mit einer anderen Seite — nicht mit einer Kante — gegen die Schrägseiten des Achtorts schauen. Wie das Rechenschema 2 ausweist, sind die Achsen dieser Treppentürmchen gegen die Achsen der von unten kommenden Treppen um je etwa 1½' nach außen versetzt. Die Achsendistanz der oberen Treppentürmchen ist aber nicht lediglich in der westlichen Aufrißprojektion des Turmes zu bedenken, denn die Treppentürmchen müssen in den Seitenansichten des Turmes genauso versetzt sein. Daher ist nicht von Achse zu Achse der Treppentürmchen zu messen, sondern von der Achse des Achtorts zu den Achsen der Treppentürmchen. Dieses Maß ist, wenn wir von dem näherungsweise ermittelten Quermaß — etwa 1½' + 42'6'' + etwa 1½' ≈ 45½' — ausgehen,  $\frac{45,50}{\sqrt{2}} = 2 \cdot 16,08' \approx 2 \cdot 16'$ . Daraus läßt sich rück-schreitend das frontale Maß genauer zu  $2 \cdot 16 \sqrt{2} = 45,2548'$  bestimmen.

Der Kern dieser Treppentürmchen wird erst in den Schnitten XI und XII frei. Er mißt hier 8'3''.

<sup>743</sup> Im Aufriß des nördlichen Strebepfeilers ist das erste Blendmaßwerk mit einem halben Blendpfeilerchen an den nach Westen schauenden Strebepfeiler angeschlossen. In der oberen Partie des südlichen Strebepfeilers fehlt dieses halbe Blendpfeilerchen. Die hier in Abb. 92 wiedergegebene Nachzeichnung des Risses hat diesen Irrtum des Zeichners getilgt und hat überdies die ungleichen Breiten der Blendmaßwerke vereinheitlicht.

Die Breite des Achtorts zu messen, ist nicht möglich, aber aus der Breite der westlichen Achtortseite — im Schnitt XXII etwa 23,23' — läßt sich die Breite des Achtorts mit einiger Wahrscheinlichkeit zu  $23,23 \cdot (1 + \sqrt{2}) = 56,05' \approx 56'$  angeben.

#### bb) Die vertikalen Maße

Die horizontalen Maße des Risses haben sich aus dem Achsmaß der westlichen Strebepfeiler ableiten lassen. Bei Ermittlung der vertikalen Maße leisten die dem Riß hinzugefügten Koten denselben Dienst. Dennoch verbleiben zwei Schwierigkeiten, die sich mit bescheidenem Rechenaufwand nicht völlig überwinden lassen.

1. Der Zeichner hat für diesen Riß 5 Blätter zusammengeklebt, von denen in der Vertikalen jedes anders als die übrigen<sup>744</sup> und — darauf kommt es nun an — jedes auch in nebeneinanderliegenden Vertikalschnitten ungleich geschwunden ist. Deshalb sind die Vertikalen des Risses, die Turmachse am deutlichsten, heute gekrümmt und die Horizontalen des Risses haben sich entsprechend geneigt. Der Ermittlung der horizontalen Maße war diese Neigung nicht hinderlich, da sie den Meßwerten eines Schnittes nur einen geringen Zuschlag brachte, der sich, weil den Planmaßen proportional, im Rechnungsgang nicht auswirkte.

Dieser Krümmung wegen laufen die Horizontalen des Risses, wie gesagt, heute nicht horizontal, sondern leicht geneigt. Höhenmaße wurden daher in der Turmachse und in etlichen zu ihr symmetrisch liegenden Punkten gemessen. Zeigten die Meßwerte, die einstige Horizontale sei in sich gerade geblieben, dürfte das algebraische Mittel der Meßwerte als Höhe dieser Horizontalen, auf die Turmachse bezogen, gelten<sup>745</sup>. Die Höhe der Koten war entsprechend der Neigung banachbarter Horizontalen ebenfalls auf die Turmachse zu beziehen.

Für die vertikalen Planmaße bewirkt die Krümmung der Turmachse eine spürbare Verkleinerung. Solange man alle Höhen auf den Rahmen der Vitrine oder auf die Standlinie des Risses bezieht, ist dieser Fehler beträchtlich. Sobald man aber lediglich die innerhalb eines Blattes liegenden Höhen auf einander bezieht, wird der Fehler gering und überdies den Planmaßen proportional, weshalb er sich im Rechnungsgang ebenfalls nicht mehr auswirken kann. Damit zusammenhängend:

2. Die vertikalen Schwindmaße sind im gleichen Blatt unterschiedlich groß. Mit den auf die Turmachse bezogenen Meßwerten erhalten wir zwischen dem am

<sup>744</sup> Zwischen der Standlinie des Risses und den Höhenmarken liegen jeweils 100', 45', 95', 60' und 100'. Die diesen Abständen entsprechenden Planmaße, auf je 100' bezogen, lauten 56,60, 59,44, 59,15, 60,41 und 59,35 cm. Die fünf Blätter des Risses sind demnach in der Vertikalen unterschiedlich geschwunden.

<sup>745</sup> Daß sich im Schwinden des Pergaments jede Gerade irgendwie gekrümmt habe, ist gewiß. Daß eine Gerade „leidlich“ gerade geblieben sei und deswegen aus den Meßwerten das algebraische Mittel gezogen werden dürfe, ist — falls der Riß in der fraglichen Höhe überhaupt Meßpunkte in der erforderlichen Anzahl anbietet — nur innerhalb der Meßgenauigkeit festzustellen. Aber auch für einige unter besonders ungünstigen Voraussetzungen ermittelte Vertikalmaße wird diese Ungewißheit kaum mehr als  $\pm 2''$  ausmachen.

	ZENTIMETER		ULMER		SCHUH	
	RISS	BLATT	BLATT	RISS		
BLATT 5	MADONNA SCHEITEL	308.70	43.55	72.50	506.43	506' 6"
	HELMSPITZE OK	301.20	36.05	60.01	493.94	494'
	KRONE OK	284.75	19.60	32.82	466.55	466' 6"
	KRONE UK	283.25	18.10	30.13	464.06	464'
	KRANZ MITTE	265.10	0.00	0.00	433.93	434'
	BLATTSTRAND	260.00	5.10 + 11.20	8.49	18.79	
	KRANZ MITTE	218.80	70.30		118.00	406.65
	KOTE 400 B	244.80	66.30		111.28	399.93
	KRANZ MITTE	232.60	54.10		90.80	379.45
	KRANZ OK	218.90	40.40		67.81	356.46
BLATT 4	KRANZ UK	218.15	39.65		66.55	355.20
	ACHTORTGALERIE BRÜSTUNG	213.30	34.80		58.41	347.06
	ACHTORTGALERIE FB	210.30	31.80		53.37	342.02
	MASSWERKBRÜCKE	191.80	13.30		22.32	310.97
	GESIMS OK	186.15	7.65		12.84	301.49
	KOTE 300 B	185.45	(185.25)	6.75	11.33	299.98
	MASSWERKBRÜCKE	178.50	0.00		0.00	288.65
	BLATTSTRAND	177.60	12.20 + 0.90	22.74	1.51	
	MASSWERKBRÜCKE	164.40	68.85	115.50		265.00
	FENSTERSOHLBANK OK	153.85	58.30	97.80		247.30
BLATT 3	GESIMS OK	150.10	54.55	91.51		241.00
	KOTE 240 B	149.20	(149.50)	(153.95)	(190.50)	240.00
	BLASERGALERIE BRÜSTUNG OK	145.55	50.00	83.87		233.37
	BLASERGALERIE FB	142.35	46.80	78.50		228.00
	BLENDMASSWERK BRÜCKE	125.40	29.85	50.07		199.57
	MASSWERKBRÜCKE	116.80	21.25	35.64		185.14
	GESIMS OK	110.80	15.25	27.28		176.76
	FENSTER SOHLBANK OK	101.85	6.30	10.56		160.06
	GESIMS OK	100.55	5.00	8.38		157.68
	SOHLBANK GESIMS OK	98.40	2.85	4.78		154.28
BLATT 2	VIERORT GALERIE II BRÜSTUNG OK	95.55	0.00	0.00		149.50
	BLATTSTRAND	94.40	1.15 + 0.95	1.93	1.60	
	VIERORT GALERIE II FB UND GESIMS OK	93.45	27.80		47.00	145.97
	KOTE 145 B	93.00	(92.85)		45.98	144.95
	MASSWERK KÄMPFER	84.75	19.10	32.29		131.28
	PFOSTENWERK BLENDGIEBEL	77.35	11.70	19.78		118.75
	PFOSTENWERK BLENDGIEBEL	68.80	3.15	5.32		104.29
	KOTE 100 B	(68.25)	(0.60)	(1.02)		(99.99)
	GESIMS OK	65.65	0.00	0.00		98.97
	BLATTSTRAND	64.45	0.10 + 1.20	0.17	2.05	
BLATT 1	GESIMS NASE	64.35	56.70	96.75		96.75
	FENSTER SOHLBANK OK	60.40	52.75	90.04		90.04
	GESIMS OK	56.73	49.08	83.74		83.74
	VIERORT GALERIE I BRÜSTUNG OK	56.05	48.40	82.61		82.61
	VIERORT GALERIE I FB	53.35	45.70	77.98		77.98
	VORHALLE FIRST	51.55	43.90	74.90		74.90
	VORHALLE TRAUFE	42.80	35.15	59.97		59.97
	SCHRAGE OK	37.90	30.25	51.61		51.61
	GESIMS NASE	36.70	29.00	49.48		49.48
	PORTAL TYMPANON 4 FRIES OK	34.45	26.80	45.73		45.73
	PORTAL TYMPANON 3 FRIES OK	31.65	24.00	40.95		40.95
	STREBEPPFEILER BLENDPFEILERCHEN	31.10	23.45	40.01		40.01
	VORHALLE PFEILERKÄMPFER	30.50	22.85	38.99		38.99
	PORTAL TYMPANON 2 FRIES OK	28.90	21.25	36.25		36.25
	PORTAL TYMPANON 1 FRIES OK	25.70	18.05	30.79		30.79
	PORTAL MITTELPFEILER KONSOLE	17.60	9.95	16.97		16.97
	VORHALLE PFEILERKONSOLEN	15.00	7.35	12.54		12.54
	STANDLINIE	7.65	0.00	0.00		0.00

Ulm, Münsterurm, Riß C, Rechenschema 3

höchsten und dem am tiefsten liegenden Punkt des betreffenden Blattes ein Planmaß, das sich im Zusammenspiel mit dem (faktischen Maßstab, der Größe der Maßeinheit und dem) Schwindmaß in eine Maßzahl übersetzen läßt. Auch hier dürfen wir voraussetzen, das ermittelte Schwindmaß treffe ebenso für die vergleichsweise kurzen Strecken zu, die nach oben und nach unten an das der Rechnung zugrunde gelegte Planmaß anschließen. So reichen wir mit „Maßzahlen“ von Blattrand zu Blattrand<sup>746</sup>. Mit Hilfe der für die Blattränder ermittelten „Maßzahlen“ lassen sich die in den einzelnen Blättern des Risses ermittelten Maßzahlen aneinanderfügen.

Nun zum Programm des Arbeitsganges: Die Blätter 2 und 4 haben je zwei Koten erhalten. Die Höhenmarken der Koten begrenzen jeweils ein Planmaß. Die Schuhzahlen der Koten ergeben mit ihrer Differenz die diesem Planmaß entsprechende Maßzahl. Diesem Verhältnis von Planmaß und Maßzahl entsprechend lassen sich die weiteren Planmaße der beiden Blätter in Maßzahlen angeben. Für das zwischen diesen Blättern liegende Blatt 3 ist somit die im Planmaß bekannte Höhenlage der Blattränder auch in Maßzahlen festgelegt. Entsprechend diesem Verhältnis von Planmaß und Maßzahl lassen sich die weiteren Planmaße dieses Blattes ebenfalls in Maßzahlen überführen. Dabei ist die eine auf diesem Blatt stehende Kote als Kontrollinstanz willkommen. Für Blatt 1 ist außer der Standlinie des Turmrisses nun auch die Höhenlage des oberen Blattrandes nach Planmaß und Maßzahl bekannt. So lassen sich die Planmaße auch hier in Maßzahlen übersetzen. Für Blatt 5 sind nur die Höhenlage und die Maßzahl des unteren Blattrandes bekannt. Ein Planmaß mit einer Maßzahl ins Verhältnis zu setzen ist hier nicht möglich. Hier muß man zusehen, wie sich die Planmaße in der Größenordnung der vertikalen Schwindmaße des Risses in vernünftigen Maßzahlen verstehen lassen.

Der Verwirklichung dieses Arbeitsprogramms stellen sich zwei Schwierigkeiten entgegen:

1. Die Höhenmarke „100 β“ ist im Originalriß nicht mehr einzumessen, im Foto ist sie nur vage erkennbar. Für den Abstand von dieser zur nächsten Höhenmarke steht demnach kein Planmaß zur Verfügung. Die Ermittlung der Vertikalmaße des Risses C kann daher nur von den beiden Koten des Blattes 4 ausgehen.

2. Aus diesen Koten, „300 β“ und „400 β“, errechnet sich 286,49' als Höhenlage des unteren Randes von Blatt 4. Für Blatt 3 stehen nun das von diesem Blattrand bis zur Höhenmarke bei „240 β“ reichende Planmaß und die entsprechende Maßzahl (als Differenz von 286,49' und 240') zur Verfügung. Aber diese Strecke ist zu kurz, um aus ihr das Verhältnis von Planmaß und Maßzahl für Blatt 3 mit ausreichender Zuverlässigkeit zu gewinnen. Daher der Versuch einer Annäherung: Kurz unterhalb des unteren Randes von Blatt 3 steht die Kote „145 β“. Die zwischen den Koten „240 β“ und „145 β“ liegende Strecke gehört

<sup>746</sup> Die Blätter sind nicht stumpf gestoßen, sondern etwa 1 cm weit überschoben und verklebt. Wie es mit dem Schwindmaß in diesen Klebestreifen steht, ist nicht auszumachen. Die Erfahrung zeigt jedoch, daß man von den Maßzahlen des einen zu denen des anderen Blattes übergehen kann, wenn man etwa in der Mitte des Klebestreifens eine theoretische Blattgrenze annimmt.

im wesentlichen dem Blatt 3; an ihr hat Blatt 2 mit seinem vermutlich etwas abweichenden Schwindmaß nur geringen Anteil. Diese Strecke mag also dazu dienen, für Blatt 3 das Verhältnis von Planmaß und Maßzahl vorläufig anzugeben. So gewinnen wir für die Brüstung (OK) der Galerie des Glockengeschosses die Maßzahl 149'6". Nun die Kontrolle: Von dieser Brüstung und von der Kote „240 B“ ausgehend müßte der Blattrand  $\frac{3}{4}$  wie zuvor bestimmt bei 286,49' liegen, er liegt aber nach dieser Berechnung bei 287,90', d. h. um 1,41' (etwa 8 mm) höher. Oder: Vom Blattrand  $\frac{3}{4}$  (286,49') und von der Galeriebrüstung (149'6") ausgehend müßte die Höhenmarke der Kote „240 B“ bei 149,75 cm liegen, d. h. 5,5 mm höher als sie tatsächlich liegt. Daraus die Schlußfolgerung: Von den Koten „400 B“, „300 B“ (beide auf Blatt 4) und „240 B“ (auf Blatt 3) ist wenigstens eine in den Riß nicht vollkommen genau eingesetzt (oder nicht ganz zutreffend auf die Turmachse bezogen). Hier Klarheit zu schaffen ist nur möglich, wenn man nicht von der Höhenlage der Kotenzeichen ausgeht, sondern deren Höhenlage zunächst als Näherung ansieht, die vom Sollwert geringfügig abweichen mag.

Dies sind also die Voraussetzungen für die Durchführung des Arbeitsprogramms. Im Ergebnis stellt sich, was diese Voraussetzung angeht, folgendes heraus: Die Höhenmarken der Koten „400 B“ — und wie es scheint auch „100 B“ — liegen im Riß an der zutreffenden Stelle (und sind auf die Turmachse richtig bezogen). Die Höhenmarke der Kote „300 B“ liegt um 2 mm zu hoch, die der Kote „240 B“ liegt um 3 mm zu tief, die der Kote „145 B“ liegt um 1,5 mm zu hoch. Die Ungenauigkeit dieser Höhenmarken hat ihren Grund vielleicht darin, daß der Riß reichlich ein Jahrzehnt nach seiner Fertigstellung zu einem Zweck kotiert wurde, der auch mit einer mäßig genauen Kotierung erreicht werden konnte. Doch davon später.

Nach alledem stellt sich der Arbeitsgang im Rechenschema 3 so dar: In der ersten Spalte („Zentimeter Riß“) stehen die vom unteren Rahmen der Vitrine aus gemessen, bereits auf die Turmachse bezogenen Werte. In der zweiten Spalte („Zentimeter Blatt“) sind diese Werte jeweils auf die erste Horizontale eines Blattes (0,00) bezogen; Maße, die von der ersten bzw. letzten Horizontalen eines Blattes bis zum Blattrand reichen, sind gesondert angeführt. In der genannten Weise wurden diese Planmaße in Maßzahlen zunächst blattweise umgerechnet („Ulmer Schuh, Blatt“), dann für den ganzen Riß zusammengefügt („Ulmer Schuh, Riß“).

Danach lauten die hauptsächlichen Vertikalmaße: Die gesamte Höhe des Turmes mißt 506'6". Dem Vierort gehören davon 228', dem Achtort 114', dem Helm 152', der Madonna 12'6".

#### cc) Die Schwindmaße des Pergaments

Die horizontalen Schwindmaße der fünf Blätter des Risses C sind unterschiedlich groß. Auch innerhalb der Blätter sind sie ungleich (Abb. 96): In Blatt 1

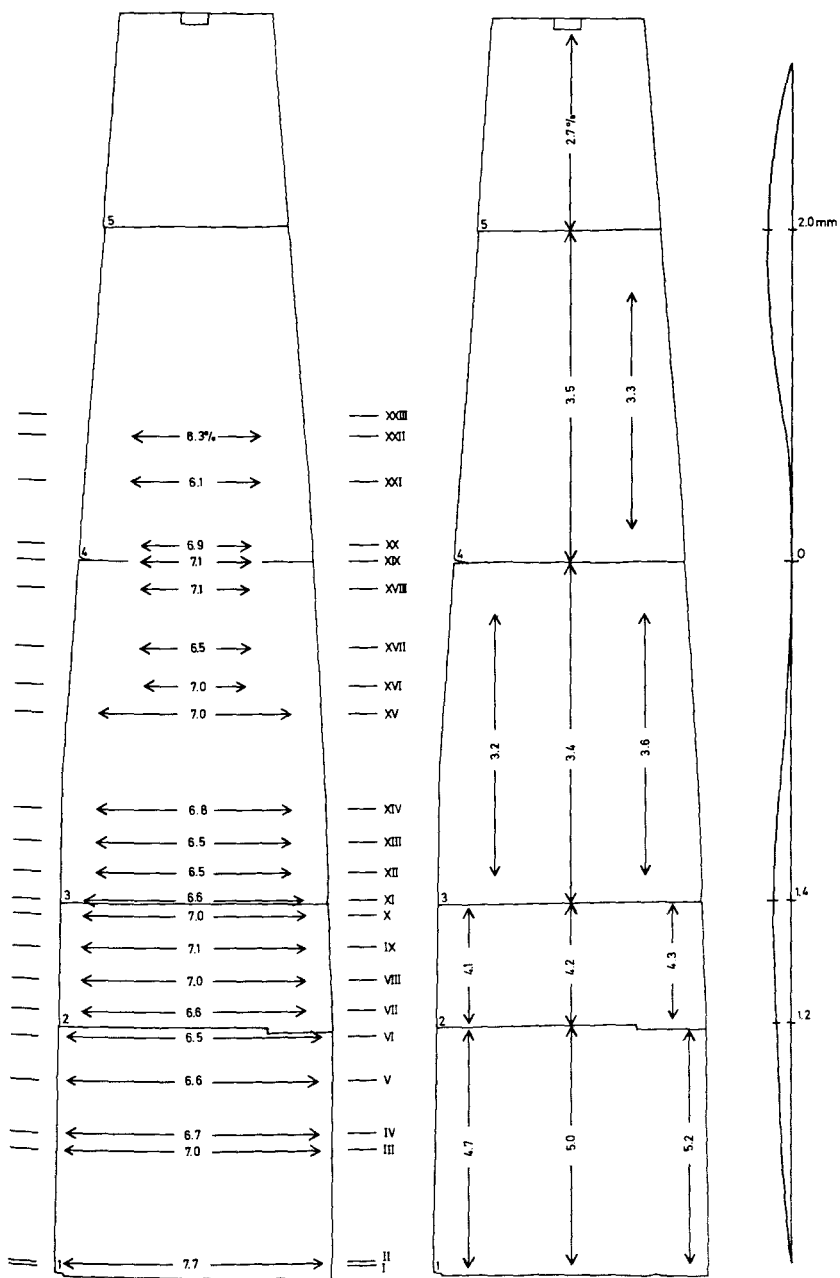


Abb. 96. Ulm Münsterturm Riß C, Schwindmaße.



werden die horizontalen Schwindmaße nach oben geringer, in den beiden folgenden Blättern werden sie nach oben größer. In Blatt 2 geht das Schwindmaß am oberen Blattrand allerdings wieder zurück. Dies ist offenbar der Grund dafür, daß die vertikalen Konturen des Risses an dieser Blattgrenze, wie erinnerlich, gegeneinander versetzt sind. In Blatt 4 geht das Schwindmaß vom Rand zum unteren Drittel zurück, um dann wieder anzusteigen. Für die obere Hälfte von Blatt 4 sowie für Blatt 5 stehen horizontale Planmaße, aus denen Schwindmaße abzuleiten wären, nicht zur Verfügung.

Auch die vertikalen Schwindmaße der 5 Blätter sind verschieden groß und innerhalb der Blätter ungleich. In den Blättern 1 bis 3 werden sie nach rechts größer, in Blatt 4 nach rechts kleiner. Dieses innerhalb der Blätter ungleiche Schwinden des Pergaments hat im Riß zu einer Verkrümmung der Turmachse geführt: In den ersten drei Blättern ist die Turmachse nach rechts, im vierten Blatt ist sie nach links gezogen. In Blatt 5, wo Planmaße und mit ihnen das vertikale Schwindmaß nur in der Blattachse zu erfassen sind, ist die Turmachse nach rechts gekrümmt, woraus zu schließen ist, die vertikalen Schwindmaße seien auf der rechten Seite des Blattes größer als auf der linken.<sup>746a</sup>

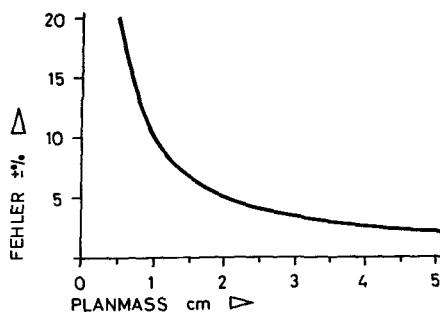
Die horizontalen Schwindmaße betragen zwischen 6,1 und 7,7 ‰, die vertikalen Schwindmaße zwischen 2,7 und 5,2 ‰<sup>747</sup>. Es muß auffallen, daß bei allen fünf Blättern des Risses C die größeren Schwindmaße in der Horizontalen, die

<sup>746a</sup> In den die Schwindmaße und die Krümmung der Turmachsen darstellenden Figuren sind die horizontalen Ausschläge der Turmachsen 30fach überhöht gezeichnet.

<sup>747</sup> In einer Voruntersuchung, die der Maßstäblichkeit der mittelalterlichen Bauzeichnung galt (HECHT 1966), stellte sich die vermutliche Größe des Schwindmaßes heraus, „vermutlich“ einfach deswegen, weil damals noch nicht möglich war, die vorausgesetzte Übereinstimmung von Planmaßen und Baumaßen zu prüfen und an den Rissen selbst genommene Planmaße kaum zur Verfügung standen. Planmaße also mit Hilfe der in der Literatur genannten Außenmaße der Risse aus photographischen Wiedergaben dieser Risse zu entnehmen waren. Sicherer über die Größe des Schwindmaßes generell zu sagen, wird erst möglich sein, sobald die Maße möglichst vieler Risse bestimmt sind. Am Pergament des St. Galler Planes und an den Pergamenten der Ulmer Turmrisse C und A zeigt sich: 1. der für das Schwindmaß damals genannte Mittelwert (ca. 7‰) wird von diesen Pergamenten nur ausnahmsweise erreicht, 2. die für das Schwindmaß damals genannten Grenzwerte (1,2 und 12,7‰) sind offenbar zu weit gegriffen, 3. einen Riß mit einem einzigen Schwindmaß zu charakterisieren, ist wegen der achsenabhängigen und blattweise unterschiedlichen Größe des Schwindmaßes nicht möglich. — Die Schwindmaße errechnen sich aus dem Zusammenhang von Planmaß, Zeichenmaßstab, Maßeinheit und Maßzahl. Da die Meßungenauigkeit und die Zeichnungenauigkeit in das Planmaß unvermeidlich eingehen, sind die hier genannten Schwindmaße bereits in der ersten Dezimalstelle als Näherung zu verstehen. — Inzwischen hat Th. PUTTFARKEN mitgeteilt (Frühmittelalterliche Studien, hrsg. von K. Hauk, Bd. 2, Berlin 1968, S. 88, Anm. 14), die von Planmaß, Zeichenmaßstab, Maßeinheit und Maßzahl ausgehende Berechnung des Schwindmaßes bleibe „zweifelhaft, bis exakte Methoden entwickelt sind, das Schwindmaß von Pergament zu messen (falls das überhaupt möglich ist)“. Mit welchen „exakten Methoden“ soll man das Schwindmaß „messen“? Ein heutzutage hergestelltes Pergament irgendwie zu messen ist unnütz, da nicht zu prüfen ist, ob und wie weit ein solches Pergament mit mittelalterlichen Pergamenten, die nach unterschiedlichen Provenienzen und Qualitäten gehandelt wurden (W. WATTENBACH, Das Schriftwesen im Mittelalter, Leipzig 1896, S. 116 ff. — K. J. LÜTHI, Das Pergament, Bern 1938, S. 14 f.), in seiner Struktur übereinstimmt. Ein altes Pergament nach „exakten Methoden“ zu „messen“, ist vollends unnütz, denn mit der exaktesten Messung ist lediglich die derzeitige Größe, nicht aber die ursprüngliche Größe des Pergaments festzustellen. Beide Größen müßten jedoch bekannt sein, wenn die Größe des Schwindmaßes aus Messungen hervorgehen soll. Beide Größen zu ermitteln gibt es bereits eine exakte Methode: Man nehme ein mittelalterliches Pergament, auf dem eine Strecke markiert ist, eine Strecke, deren heutige Länge zu messen ist und deren ursprüngliche Länge bekannt ist. Ein solches Pergament ist unschwer zu finden, denn es gibt eine Gattung mittelalterlicher Pergamente, auf denen dergleichen Strecken markiert sind: die Bauzeichnungen. Hier läßt sich die heutige Länge einer Strecke messen und hier ist möglich, die ursprüngliche Länge der Strecke — wenn auch auf einem etwas umständlichen Wege — ebenfalls festzustellen. Wer auf diesem inzwischen gebahnten Wege nicht zu folgen vermag, sollte nicht nach „exakten Methoden“ rufen.

kleineren in der Vertikalen liegen. In der beträchtlichen Höhe der Zeichnung wirkt sich das unvermeidliche Schwinden somit relativ weniger aus als in der mäßigen Breite der Zeichnung. Ist dies ein fünffach glücklicher Zufall? Oder war dem Zeichner, der diese Blätter zusammenklebte, die Tatsache des achsenabhängig ungleichen Schwindens einschließlich der zu erwartenden Folgen bekannt und wußte er die Achsen der Pergamentblätter zu unterscheiden? Unmöglich wäre dies nicht<sup>748</sup>.

Eine letzte Frage: Nicht ohne Bedenken sind wir von der Annahme ausgegangen, das Schwindmaß sei innerhalb eines Schnittes konstant. Trifft diese Annahme zu? Hier eine Antwort zu geben ist aus zwei Gründen einstweilen nicht möglich: 1. Das Peilgerät, mit dessen Hilfe die Planmaße genommen wurden, erreicht unter den genannten Bedingungen eine Meßgenauigkeit von  $\pm 0,25$  mm. Bei Ermittlung der Maße (Schuhzahlen) war diese Ungenauigkeit nicht hinderlich, denn die von analogen Punkten in mehreren Schnitten genommenen Meßwerte ließen sich im Rechenschema algebraisch ausmitteln. Dieser Kunstgriff ist nicht anwendbar, sobald die Frage auf einen einzigen Schnitt abzielt. Hier lassen sich nur Achsen genauer fassen, zu denen weitere Punkte im Schnitt symmetrisch liegen. Solche Achsen gibt es in jedem Schnitt nur wenige. Mit einigen großen Planmaßen die Konstanz des Schwindmaßes zu prüfen, ist jedoch nicht möglich. Von kurzen, mit der genannten Ungenauigkeit eingemessenen Strecken auszugehen, ist aber unnütz, denn bereits für ein 2 cm langes Planmaß bewirkt die Meßungenauigkeit einen Fehler, der in der Größenordnung des Schwindmaßes liegt.



2. Daher die Forderung, mit einem Koordinatographen künftig genauer zu messen als dies mit dem Peilgerät möglich ist. Aber auch mit Hilfe der genauesten Messung ist die gestellte Frage nicht zu beantworten. Eingemessen werden ja die Konturen der Zeichnung. Wie weit deren Lage von der Zeichnungenauigkeit beeinflusst ist, läßt sich, wenn günstige Voraussetzungen zusammen kommen, wenigstens in Mittelwerten erkennen. Solche Mittelwerte geben der Zeichnungenauigkeit des Risses optimal  $\pm 0,5$  mm<sup>749</sup>.

<sup>748</sup> Vgl. Anm. 708.

<sup>749</sup> Ausgemittelte Werte geben natürlich nur mittelbar Auskunft über die Zeichnungenauigkeit.

Die Annahme, das Schwindmaß sei innerhalb eines Schnittes konstant, würde sich prüfen lassen, sobald möglich wäre, 1. den Riß mit größtmöglicher Genauigkeit zu vermessen und 2. in jedem Meßwert den Anteil der Zeichengenauigkeit abzusondern.

So wird es vorerst bei der Annahme bleiben müssen, das Schwindmaß eines Schnittes sei eine „konstante“ Größe.

#### b) Die Maße des Risses im Vergleich zu den Maßen des Bauwerks

Die beiden dem Riß beigefügten Schriftzeilen versichern, Matthäus Böblinger habe den Bau des Münsterturms von der Sohlbankhöhe des Glockengeschosses bis zum Fuß des Achtorts hochgeführt. Diese Schriftzeilen behaupten nicht, in diesem Riß seien die beiden ersten Geschosse des Turmes, die Böblinger an der Baustelle vorfand, dem Baubestand entsprechend dargestellt. Sie behaupten auch nicht, beim Bau des Glockengeschosses sei Böblinger diesem Riß gefolgt.

Die Frage, wie sich der Riß zum damals Bestehenden und zu dem von Böblinger hochgeführten Geschoß verhalte, wurde mehrfach gestellt. Hassler (1864, S. 97) fand den Riß in ganzer Höhe des Vierorts mit dem Bauwerk übereinstimmend. Pfeleiderer (1905, S. 19) stellte wenige Verschiedenheiten in der Ornamentierung gegenüber dem Turmbau fest. Klaiber (1911, S. 30 f.) kam zu Schluß, Riß und Bauwerk seien in den beiden ersten Geschossen nahezu identisch, beim Bau des Glockengeschosses habe Böblinger den Treppenwechsel jedoch höher gelegt als im Riß vorgesehen. Friederich (1962, S. 34 f.) war schließlich überzeugt, die beiden ersten Geschosse des Risses — auch wenn einige Formglieder reicher, andere einfacher gebildet sind als am Bau — seien auf Grund örtlicher Aufmessungen aufgetragen. Dabei — Friederich zog erstmals auch Maße zum Vergleich heran — habe der Zeichner die Höhe des „steinernen Bodens“, d. i. am Äußeren des Turmes die Höhe des Gurtgesimses am Fuß des Glockengeschosses, richtig wiedergegeben, habe aber die Traufhöhe der Vorhalle irrtümlich um 0,54m (1,8') zu hoch eingesetzt.

Für eine Gegenüberstellung von Rißmaßen und Baumaßen stehen zur Verfügung: In der Horizontalen die beiden Achsmaße der westlichen Strebepfeiler und die Achsmaße der Blendmaßwerke an den Flanken der Strebepfeiler, in der Vertikalen die Höhen im Vierort, soweit sie zwischen den nordwestlichen Strebepfeilern zu messen waren. Hilfsweise, daher in Klammern gesetzt, sind hier einige weitere Maße benützt, die der unter Aufsicht von Münsterbaumeister A. V. Beyer gefertigten Bauaufnahme entnommen wurden<sup>750</sup>.

<sup>750</sup> Diese Bauaufnahme ist veröffentlicht in: Ulmer Münsterblätter 6, 1889 und — zum Entwurf für den Ausbau des Turmes ergänzt — in: E. PAULUS, Die Kunst- und Altertumsdenkmale im Königreich Württemberg, Atlas Schwarzwald-, Jagst- und Donaukreis, Stuttgart 1889, Taf. 83. Die Zeichnung wurde mit einem Stereautographen 1318 der Firma Jena Optik vermessen. Für diese Hilfestellung danke ich Herrn Prof. Dr. W. Hofmann, Direktor des Instituts für Photogrammetrie und Kartographie der TU Braunschweig. Wie ein Vergleich mit den Baumaßen zeigt, ist diese Bauaufnahme nicht in allen Stücken zuverlässig.

	Horizontal Riß		Bau		Diff.	
	ß	m	ß	m	ß	cm
<b>Vorhallengeschoß</b>						
Achismaß						
der westl. Strebepfeiler	57'6"	17,03	57'6"	17,06	—	+ 3
Achismaß						
der mittleren Arkade	18'	5,33	(18'6")	(5,49)	+ (6")	+ (16)
Achismaß						
der seitlichen Arkaden	14'	4,14	(13'8")	(4,04)	— (4")	— (10)
Breite der Strebepfeiler, in den Achsen der Blend- pfeilerchen gemessen	11'6"	3,40	(11'8")	(3,45)	+ (2")	+ (5)
<b>Martinsgeschoß</b>						
Achismaß						
der westl. Strebepfeiler	55'6"	16,44	(55')	(16,29)	— (6")	— (15)
Breite der Strebepfeiler	9'8"	2,86	(9')	(2,65)	— (8")	— (19)
Achismaß des Pfostenwerks	11'6"	3,40	(11'4")	(3,36)	— (2")	— (4)
Achismaß						
der Wendeltreppen	40'6"	11,99	(40'6")	(12,02)	—	+ (3)
Achismaß des Blendmaß- werks an den Flanken	6'4"	1,87	6'6"	1,92	+ 2"	+ 5
der Strebepfeiler	6'7"	1,95			— 1"	— 2
Ausladung der seitlichen	25'	7,40			— (1'9")	— (82)
Strebepfeiler, von der			(23'3")	(6,88)		
Achse der westlichen						
Strebepfeiler aus gemessen	25'9"	7,62			— (2'6")	— (74)
<b>Glockengeschoß</b>						
Achismaß						
der westl. Strebepfeiler	55'6"	16,44	55'	16,29	— 6"	— 15
Breite						
der westl. Strebepfeiler	5'8"	1,67	(6')	(1,75)	+ (4")	+ (8)
Achismaß des Schleierwerks	4'10"	1,43	(5')	(1,47)	+ (2")	+ (4)
Achismaß						
der Wendeltreppen	42'6"	12,59	(43')	(12,75)	+ (6")	+ (16)
Ausladung der seitlichen						
Strebepfeiler, von der						
Achse der westlichen						
Strebepfeiler aus gemessen	11'9"	3,48	(11'8")	(3,45)	— (1")	— (3)
Vertikal						
Bläsergalerie Brüstung OK	233'4"	69,12	239'	70,81	+ 5'8"	+ 169
Bläsergalerie FB	228'	67,54	235'	69,61	+ 7'	+ 207
Blendmaßwerk Brücke	199'6"	59,10	204'	60,41	+ 4'6"	+ 131
Gesims in Drittelshöhe						
der Fenster des Glocken- geschosses	176'9"	52,36	183'	54,23	+ 6'3"	+ 187

	Riß		Bau		Diff.	
	ß	m	ß	m	ß	cm
Gesims in Sohlbankhöhe der Fenster des Glocken- geschosses	157'9'''	46,73	166'	49,22	+ 8'3''	+ 249
Gesims in Höhe der Galerie des Glockengeschosses	146'	43,25	146'	43,28	—	— 3
Blendmaßwerk Kämpferhöhe	131'3''	38,88	132'	39,04	+ 9''	+ 16
Blendmaßwerk						
Zwischengesims	96'9''	28,66	97'6''	28,89	+ 9''	+ 23
Vorhalle First	75'	22,22	(75')	(22,15)	(—)	(7)
Vorhalle Traufe	60'	17,77	(60')	(17,75)	(—)	(2)
Blendmaßwerk Fußgesims	49'6''	14,66	51'3''	15,17	+ 9''	+ 51
Vorhalle FB	0,00	0,00	0,00	0,00	—	—

Aus dieser Gegenüberstellung geht hervor: Die beiden Turmgeschosse, die Böblinger an der Baustelle vorfand, sind, was die hier genannten Horizontal- und Vertikalmaße angeht, im Riß etwa zutreffend dargestellt. Das erste Achsmaß der westlichen Strebepfeiler stimmt im Riß mit dem Baumaß (57'6'') überein. Das zweite Achsmaß dieser Strebepfeiler mißt im Riß 55'6'', am Bau 55'. Entsprechend ist im Martinsgeschoß das Achsmaß des Pfostenwerks von 11'6'' auf (11'4'') verkleinert.

Auch das von Böblinger errichtete Glockengeschö ß des Turmes stimmt mit dem Riß in den Horizontalmaßen nahezu überein, wenn man auch hier von der Abweichung im zweiten Achsmaß der Strebepfeiler und von der daraus resultierenden Abweichung in den Achsmaßen des Schleierwerks und der Wendeltreppe absieht. In den Vertikalmaßen dieses Geschosses ist jedoch der Riß mit dem Bauwerk auf keine Weise vereinbar. Beim Bau dieses Geschosses ist Böblinger nicht nur in der Ausbildung der Formglieder vom Riß abgewichen, vielmehr hat er abweichende Maße gewählt, überdies Maße, die sich in einfacheren Zahlen ausdrücken ließen.

Daraus die Folgerung: Auch einem gotischen Architekten war nicht vergönnt, einen baureifen Entwurf auf Anhieb zu zeichnen, auch er stand vor der Aufgabe, den Niederschlag seiner Entwurfsvorstellungen von einem Stadium zum nächsten voranzutreiben. Dem Ideal, das Böblinger zu fassen suchte, steht dieser Riß bereits nahe. Aber nach diesem Riß muß wenigstens ein weiterer Riß entstanden sein, dem die Bauausführung folgte. Im Baubetrieb während vieler Jahre stets zu Rate gezogen, ist der Ausführungsriß unansehnlich geworden, irgendwann hat man ihn endgültig zur Seite gelegt. Inzwischen lag der Riß C in der Plankammer der Bauhütte, makellos in seinem Zustand und bereit, dem Bau des Münster-turmes nochmals nützlich zu sein.

## c) Der Riß in zweiter und dritter Verwendung

Der Riß trägt das Zeichen Böblingers und die Jahreszahl 1494.

Böblinger wurde 1477 zur Probe, 1480 auf Lebenszeit zum Kirchenmeister bestellt<sup>750a</sup>. Zu Beginn seiner Tätigkeit, nicht erst 1494, als er aus seinem Amt ausschied, hatte er klarzustellen, wie der Bau des Münstertrums fortzuführen sei. Der Riß trägt aber die Jahreszahl 1494. Weshalb?

Sebastian Fischer schrieb um 1530 in seiner Ulmer Chronik: „Im 1492 jahr hat sich das Minster anfahren sencken, das man gefircht hat, es werd umfallen, einmal an ain Suntag waren die leut an der predig, da fielen zween stain herab auß dem gewölß, da flohen die leyt auß der kirchen, dan sy mainten, der thurn welt umfallen . . .“<sup>751</sup> Über die Ursachen des Schadens und über die Möglichkeiten einer Sicherung sollen sich 28 Baumeister beraten haben, die aus verschiedenen Orten nach Ulm gekommen waren, unter ihnen aus Augsburg Burkhard Engelberg, der die Leitung der Sicherungsarbeiten übernahm und 1494 zum vorläufigen Abschluß brachte<sup>752</sup>.

Das Verhältnis zwischen Matthäus Böblinger und seinem Dienstherrn war gespannt. Graf Eberhard von Württemberg versuchte zu vermitteln<sup>753</sup>. Noch 1494 war Böblinger am Münsterbau tätig: Die Brüstung der Bläsergalerie trägt sein Zeichen mit dieser Jahreszahl. Aber zu Pfingsten 1494 erhielt er seinen letzten Lohn<sup>754</sup> und am 24. August 1494 wurde sein Vertrag gelöst<sup>755</sup>. In seiner Heimatstadt Eßlingen, wo er in jüngeren Jahren gearbeitet hatte, übernahm er nun die letzten Arbeiten an der Frauenkirche. Als geschätzter Ratgeber oder gar als Schiedsrichter wurde er in Baufragen an anderen Orten mehrfach zugezogen<sup>756</sup>. In Eßlingen ist er 1505 verstorben<sup>757</sup>.

Zum Riß zurück. Das Zeichen Böblingers, die Jahreszahl 1494 und die beiden Beischriften sind mit derselben Tinte geschrieben. Die zweite Beischrift lautet: „2 Da *hat uffgeher* zuo buowen . . .“ Dem Riß sind alle diese Einträge also erst 1494, genauer: nach Pfingsten 1494, hinzugefügt worden. Dies gilt auch für die Koten, die offenbar von der gleichen Hand geschrieben sind wie die Beischriften.

Weiter: Der Pergamentzettel, der Böblingers Zeichen und die Jahreszahl trägt, ist mit einer olivbraunen Farbe flächig übergangen. Mit derselben Farbe sind die beiden Beischriften hinterlegt, ebenso die Koten „300 β“ und „400 β“, deren Höhe am Bau damals noch nicht erreicht war.

<sup>750a</sup> J. BAUM, in: Thieme-Becker, Allg. Lexikon der bild. Künstler. Bd. IV, Leipzig 1910, S. 175.

<sup>751</sup> KLAIBER 1911, S. 358.

<sup>752</sup> FRICK 1731, S. 48.

<sup>753</sup> KLAIBER 1911, S. 360.

<sup>754</sup> PFLEIDERER 1905, Sp. 19.

<sup>755</sup> KLAIBER 1911, S. 360.

<sup>756</sup> HASSLER 1864, S. 99. — PRESSEL 1877, S. 94. — PFLEIDERER 1905, Sp. 20. — KLAIBER 1911, S. 363 ff.

<sup>757</sup> PRESSEL 1877, S. 94. — KLAIBER 1911, S. 372.

Dasselbe Olivbraun deckte überdies den ganzen Turm, das Steinwerk genauso wie die freien Flächen der Fenster. Über dieser Farbe lag — nur noch in Resten erhalten, welche diese freien Flächen aussparen — ein silbergrauer Ton. Diese Farbwerte des Risses sind durch Materialwerte gesteigert: Die angelegten Flächen sind glatt (als Bindemittel der Farben ist wohl Gummi benützt), aber im übrigen blieb dem Pergament seine flaumige Oberfläche erhalten.

Auch die beiden, damals jedem Ulmer wohlbekannten Männer, die festlich gekleidet auf der Galerie ihre Posaunen blasen<sup>758</sup>, gehören zur Aufmachung des Risses. Auffällig allerdings, daß diese beiden Figuren — gotischen Rissen sind Staffagefiguren sonst fremd — so groß gezeichnet sind, daß sie dem Maßstab des Risses deutlich widersprechen<sup>759</sup>.

Weshalb die Jahreszahl und das Zeichen des letzten, soeben ausgeschiedenen Meisters? Weshalb die Beischriften, die diesen Meister mit Vor- und Zunamen zweimal nennen und anzeigen, welcher Abschnitt des Turmes jüngstens verwirklicht wurde? Wozu die Koten und die Farbgebung<sup>760</sup>, weshalb der auffällige „Fehler“ in der Größe der beiden Bläser?

Reichlich ein Jahrhundert zuvor hatte die Bürgerschaft ihr Münster zu bauen begonnen. Seitdem war sie stolz darauf, dieses alle Kräfte herausfordernde Werk aus Eigenem zu fördern. Nun mußten die aus dem Gewölbe stürzenden Quader, das Urteil der Sachverständigen, die Summen, die aufzubringen waren, wenigstens das Erreichte zu sichern, manchen an dieser Aufgabe zweifeln lassen, zumal die Bürgerschaft auch an anderen Lasten — den ständigen Kriegsläufen, dem Bau der neuen Stadtmauer, der Pestilenz des Jahres 1493<sup>761</sup> — schwer zu

<sup>758</sup> Der Ulmer Chronist Felix FABRI schrieb um 1480: „In eadem turri beatæ Virginis sunt semper duo custodes, qui mane et vespere tubis concrepant“ (Veesenmayer 1889, S. 52).

<sup>759</sup> Die Figürchen sind vom Fußboden der Bläsergalerie an gemessen 6,6 cm — entsprechend 3,27 m — hoch gezeichnet.

<sup>760</sup> Für sich alleine genommen wäre die Farbgebung nicht auffallend, denn dafür sind zahlreiche Beispiele bekannt. Um nur einige zu nennen: **Frankfurt Dom**, Turm Aufriß A (Frankfurt a. M. Histor. Museum) leicht koloriert: meergrün, ziegelrot und taubengrau (F. W. FISCHER, Studien zur mittelrheinischen Kirchenbaukunst der Zeit zwischen 1410 und 1520, Diss. Heidelberg 1961, S. 41 f.). — **Kuttenberg St. Barbara**, Teilgrundriß (Wien Ak. 16 841) Das geschnittene Mauerwerk rot angelegt (TIETZE 1931, S. 162). — **Siena Dom**, Ostfront Aufriß (Siena, Opera del Duomo) Die Marmorbekleidung der Front in Weiß, Rot und grünlichem Braun (T. BURCKHARDT, Siena, Olten-Lausanne 1958, Farbtafel auf S. 56). — **Straßburg Münster**, Westfront Riß C Kopie (Nürnberg German. Nat. Museum HB 3092) Der Sockel, die Portale und gesamte Gliederung rot, blau und gelb (Farbtafel in Wasmuths Lexikon der Baukunst, Berlin 1930, zum Stichwort „farbige Architektur“). — **Straßburg Münster**, Schwalbennest und Orgelprospekt (Straßburg Frauenhaus Nr. 2457 „illuminiert“ (Kraus 1876, S. 497 f.). — **Straßburg Münster**, Westfront Aufriß der Mittelbahn (Straßburg Frauenhaus Nr. 5) Die Bauplastiken — Himmelfahrt Christi und Jüngstes Gericht — sind in Farbe gesetzt (H.-A. v. STOCKHAUSEN, Der erste Entwurf zum Straßburger Glockengeshöß und seine künstlerischen Grundlagen, in: Marburger Jahrbuch für Kunstwissenschaft XI/XII 1938/39, erschienen 1943, S. 582). — **Straubing St. Jakob**, Sakramentshaus Aufriß (Nürnberg, German. Nat. Museum HZ. 4000) „z. T. aquarelliert in Siena und lichtem Ocker“ (ZINK 1968, Nr. 32). — **Wien St. Stephan**, Orgelfuß Grundriß (Wien, Ak. 16 985) Die zwischen den Formgliedern liegenden Flächen gelb (Tietze 1930, S. 15). — **Ort unbekannt** (Mainz Dom?) Heiliggrab und Sakramentshaus Aufriß (Berlin, Kupferstichkabinett) olivgrün, taubenblau und rot laviert. (R. WALLRATH, Eine Visierung des Baumeisters und Bildhauers Madern Gerthner?, in: Jahrbuch d. Preuss. Kunstsammlungen 1943, S. 72.) — **Ort unbekannt**, Sakramentshaus Aufriß (Nürnberg, German. Nat. Museum HZ. 2434) Die Hohlkehlen z. T. zinnoberrot und malachitgrün bzw. blaugrün, dazu gleichzeitige Angaben zur Farbe (ZINK 1968, Nr. 32). —

<sup>761</sup> PFLEIDERER 1905, Sp. 19. — 1495 baten Pfarrer, Bürgermeister und Rat der Stadt beim Bischof von Konstanz um einen Ablaß, „nachdem die Pestilenz das vergangene Jahr zu Ulm merklich regiert hab und wegen des schweren Kirchenbaus“ (PRESSEL 1877, S. 100, Anm. 114).

tragen hatte. In der Bauhütte machte man sich Sorgen, wie man dem öffentlichen Vertrauen — der Hüttenmeister war verabschiedet, ein Fremder leitete die Sicherungsarbeiten — wieder aufhelfen und wie man der Bürgerschaft klarmachen könne, was getan und was noch zu leisten sei. So holte man den reichlich ein Jahrzehnt zuvor gefertigten Riß aus der Plankammer hervor und versah ihn unter dem gegenwärtigen Datum mit Beischriften und Koten, die, farbig unterlegt, auf Böblingers Leistung und auf das noch Ausstehende hinweisen sollten. Von den jedermann bekannten, übergroßen Bläsern belebt, bot sich der Turm in der farbigen Tönung des Risses wie ein fertiggestelltes Ganzes.

In dieser Aufmachung wurde der Riß ausgestellt<sup>762</sup>. Doch zur Weiterführung des Turmbaues kam es nicht mehr. 1521 gab der Rat den Baupfle gern Auftrag, sie sollten den Turm „oben beschließen“<sup>763</sup> und 1543 folgte der kleinlaute Beschluß: „mit dem bau am Münster soll zur verhütung costens und aines E(hrsamen) Rats schimpf und span stille gestanden werden“<sup>764</sup>.

Böblingers Riß sollte dem Münsterturm ein weiteres Mal nützlich sein.

Die 157 m hohen Türme des Kölner Domes waren 1880 fertiggestellt. Für den inzwischen beschlossenen Ausbau des Ulmer Münsterturmes legte August v. Beyer nach 1881 einen Entwurf vor, der in den Hauptlinien Böblingers Riß folgte. In der Absicht, dem Turm eine stattliche Höhe zu geben, hat der neue Münsterbaumeister die Maße des Risses großzügig interpretiert<sup>765</sup> und hat sie zudem übersteigert<sup>766</sup>.

Derart mit und gegen Böblingers Riß wurde der Münsterturm in den Jahren 1885—90 vollendet.

<sup>762</sup> In seiner Ulmer Chronik spricht Felix FABRI von einem Riß des Münsters, der reicher gebildet sei als das Bauwerk: „... templi mirabilis et magni fundamenta iecerunt, reliquies nobis figuram charta depictam ecclesiae, quam ipsi magnificis mentibus conceperant erigendam, quae quidem charta multo pretiosius demonstrat templum, quam illud sit, in quo hodie laboramus, quia moderni parvifici non audent prosequi intentum antiquorum et quotidie multa spectantia ad pretiositatem et decorem structurae detrahunt“ (Veesenmeyer 1889, S. 141). Fabri bezieht sich hier wohl auf den Riß C, denn das zu dieser Zeit errichtete Glockenhaus des Turmes ist tatsächlich einfacher gebildet als im Riß C vorgesehen, auch dürfte Fabri von allen in der Plankammer der Hütte aufbewahrten Rissen nur diesen neu aufgemachten Riß gekannt haben. — Auch anderswo hat man mit einem neben dem Opferstock aufgestellten Turmriß um Baugelder gebeten. So war der Turmriß, den der auch in Ulm tätige Burkhard Engelberg von Augsburg 1499 für die Stadtkirche in Bozen lieferte, zunächst einige Wochen lang in der Kirche neben dem Opferstock ausgestellt (A. SPORNBERGER, Geschichte der Pfarrkirche von Bozen, Bozen 1894, S. 12. — KLETZL 1939, S. 12). Der Aufriß III des Wiener Nordturmes (Wien Ak. 17061) dürfte seinen grün-goldenen Randstreifen einem solchen Anlaß verdanken (GRIMSCHITZ 1947, S. 45). Der Ingolstädter Turmriß wurde wohl in derselben Absicht koloriert. — In der Mailänder Hütte kam man auf einen anderen Gedanken, der Öffentlichkeit klar zu machen, was noch zu tun sei: Im Jahre 1456 wurde beschlossen, in einigem Abstand von der Baustelle des Domes, wo dessen Westfront einmal stehen sollte, eine Marmorsäule aufzurichten (Annali II, S. 167).

<sup>763</sup> Damals entstand jenes Dachwerk, das den Turmstumpf vorläufig abschloß (PFLEIDERER 1905, Sp. 22).

<sup>764</sup> Ebenda.

<sup>765</sup> Bis zur Helmspitze 161 m. Der Riß sah annähernd 5 m weniger vor (494' = 146,34 m).

<sup>766</sup> A. v. BEYER und F. PRESSEL, Festgruß zum 25. Juni 1889, Ulmer Münsterblätter. Heft 6 (mit abweichenden Maßzahlen Pfleiderer 1907, S. 214) geben an, die Höhe des Achtorts sei von 34 m (richtig 114' = 33,77 m) im Riß C auf 32 m verringert, dafür sei der Helm von 47 m (richtig 152' = 45,03 m) auf 59 m gestreckt.



## 2. Ulrichs von Ensingen Riß A

Der im Ulmer Stadtmuseum gezeigte Riß A<sup>767</sup> ist 70,4 cm breit und 306,8 cm hoch<sup>768</sup>. Seine Zeichenfläche ist aus fünf großen und zwei kleinen Blättern zusammengeklebt (Abb. 97<sup>769</sup>). Das Pergament ist nahezu weiß und liegt annähernd plan.

Auf der zum Zeichnen benützten Innenseite des Pergaments sind Blindrillen nicht erkennbar. Die Reinzeichnung — in einer heute schwarzbraunen Tinte mit der Reißfeder, hilfsweise mit der Zeichenfeder ausgeführt — ist lebendig und zugleich präzise bis in die Details. Selbst die Steinmetzzeichen im Quaderwerk sind nicht vergessen.

Nicht zugehörig sind drei mit weichem Bleistift über den Riß gezogene Horizontalen. Anlässlich der Herstellung einer Nachzeichnung sollten sie wohl die Vermessung des Originals erleichtern.

Der Riß ist fragmentiert. Die Zeichnung beginnt heute mit den Wimpergen des Martinsgeschosses und endet oberhalb der Helmspitze mitten in der Erdkugel. Reichlich die Hälfte des Vierorts und die den Turm bekrönende Madonna sind verloren<sup>770</sup>.

## a) Die Maße des Risses

Im Vergleich zu Riß C ist dieser Riß um ein Drittel größer dargestellt. Der Einfluß der Meßungenaugkeit ist entsprechend geringer, was die Ermittlung der Maße erleichtert.

## aa) Die horizontalen Maße

Voraus ermitteln wir wieder die Achsmaße der westlichen Strebebfeiler. Sind für diese Strecken Planmaße und Maßzahlen bekannt, lassen sich die weiteren Horizontalmaße leicht ableiten.

Im unteren, verloren gegangenen Abschnitt des Risses war das Vorhallengeschoss und der größere Teil des Martinsgeschosses dargestellt. Ob die westlichen

<sup>767</sup> Literatur: HASSLER 1864, S. 97. — CARSTANJEN 1893, S. 82. — PFLEIDERER 1905, Sp. 8 und 52. — KLAIBER 1911, S. 25. — GALL 1952, S. 10. — FRIEDERICH 1962, S. 19. — Nachzeichnungen: In den 50er Jahren des 19. Jh. wurde im Münsterbauamt eine originalgroße Kopie des Risses hergestellt, die bis vor wenigen Jahren im Südschiff des Münsters beim Westeingang zu sehen war. CARSTANJEN (1893, Taf. XI) hat diese Kopie abgebildet. Hassler veranlaßte 1857 eine zweite Nachzeichnung im Maßstab 1:100.

<sup>768</sup> Der Riß wurde 1956 auf eine mit Leinwand bespannte Holztafel montiert. Als ich den Riß 1966 vermaß, war die Leinwand oberhalb des Risses etwa 2,5 m weit aufgerissen. Um dieses Maß dürfte die Höhe des Pergaments in der Zwischenzeit zurückgegangen sein.

<sup>769</sup> Dieser Abbildung liegt Carstanjens Veröffentlichung der Nachzeichnung zu Grunde. Der dort hinzugefügte südliche Strebebfeiler des Vierorts ist hier getilgt, auch das Maßwerk in der Brüstung der Bläsergalerie ist berichtigt.

<sup>770</sup> Das in London (Viktoria und Albert-Museum Nr. 3548; FRIEDERICH 1962, Taf. 2) aufbewahrte Blatt ist nicht Bestandteil des Risses A, denn es stellt nicht die am Riß fehlende Hälfte des Vierorts dar, sondern zeigt lediglich die westlichen Strebebfeiler von der Standlinie bis etwa zur Traufhöhe der (nicht dargestellten) Vorhalle. Zudem sind diese Strebebfeiler im Londoner Blatt auf ein Achsmaß von 31,5 cm zusammengedrückt (FRIEDERICH 1962, S. 20), was im Maßstab des Risses A (1:36) genau 40' bei 4,5% Schwund entspricht. Der Riß A gibt diesem Achsmaß jedoch wiedergegeben. PFLEIDERER (1905, Sp. 51) hat sie bereits vermißt. — Verloren gegangen sind auch zwei kleinere Flickstücke, die über zwei winkeltrecht ausgeschnittene Fehlstellen der Blätter 1 und 1/2 geklebt waren.

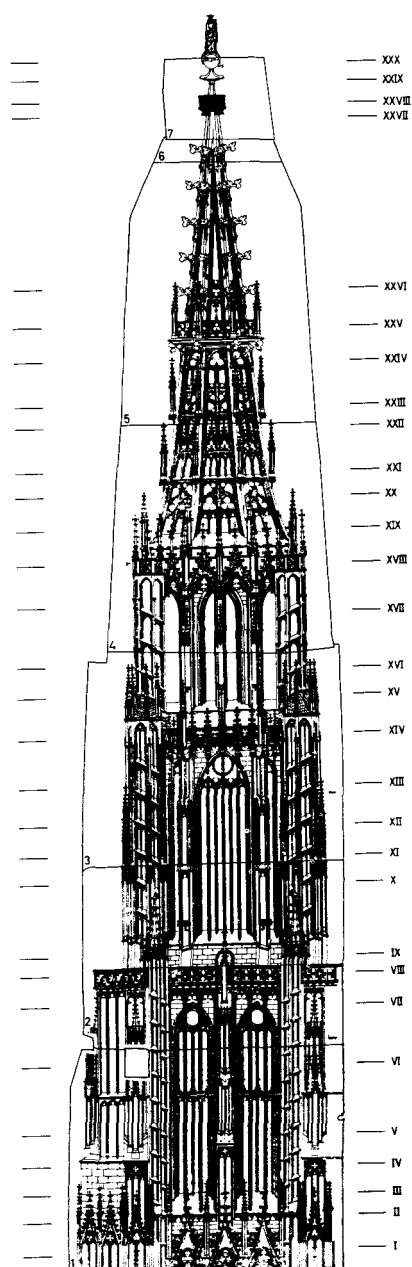


Abb. 97. Ulm Münstersturm Riß A.

Strebepeiler hier im Martinsgeschoß wie im Riß C eingezogen waren, ist nicht bekannt. Heute setzt der Riß mit den Helmenden zweier Fialen ein, hinter denen die Stirnseiten der Strebepeiler mit Blendmaßwerken und Wimpergen bekleidet sind. Wie groß ist das bis hierhin eingehaltene Achsmaß der Strebepeiler?

In Schnitt II (Abb. 97) ist dieses Achsmaß erfaßt (45,25 cm), dazu ein unter den Fenstern des Glockengeschosses hinziehender Lilienfries, der sich als „Leiter“ benützen läßt. Die Breite des Mittelpfeilers, der diesen Fries unterteilt, entspricht genau 3 Einheiten des Frieses. So ist möglich, die Länge von 17 aufeinander folgenden Einheiten des Frieses zu messen (25,65 cm). Das Achsmaß der Strebepeiler entspricht demnach  $\frac{45,25 \text{ cm} \cdot 17}{25,65 \text{ cm}} = 29,99 \approx 30$  Einheiten des Frieses. Weist man diesen Einheiten hypothetische Maßzahlen zu, ergeben sich im Zusammenhang folgende Werte:

#### Achsmaß

Fries	Strebepeiler	Fakt. Maßstab	Schwindmaß
1'10"	55'	1:35,9	— 0,2%
1'11"	57'6"	37,5	+ 4,1
2'	60'	39,1	+ 8,1
2'1"	62'6"	40,8	+ 11,8

Vier Möglichkeiten bieten sich an. Die erste, die eine Dehnung des Pergaments voraussetzt, scheidet aus. Ebenso die vierte, deren Schwindmaß alle Erwartung übertrifft. Mit den beiden weiteren Möglichkeiten ist zwar der Zeichenmaßstab 1:36 gefunden, aber von den Schwindmaßen ausgehend zwischen den Maßzahlen 1'11" und 57'6" bzw. 2' und 60' eine Entscheidung zu treffen, ist nicht möglich. So muß diese Alternative fürs erste offen bleiben.

Hinter und über den genannten Wimpergen sind die Stirnseiten der Strebepeiler mit Blendmaßwerken bekleidet, deren Achsen nach außen versetzt sind. Das hier einsetzende zweite Achsmaß der Strebepeiler bleibt verbindlich für die weitere Entwicklung des Vierorts.

Das erste und das zweite Achsmaß sind im Schnitt III mit 45,25 bzw. 45,69 cm erfaßt. Hier müßte sich das eine Achsmaß in das andere überführen lassen. Das eine lautet entweder 57'6" oder 60', das zweite also entweder  $\frac{57,50' \cdot 45,69 \text{ cm}}{45,25 \text{ cm}} = 58,05'$  oder  $\frac{60,00' \cdot 45,69 \text{ cm}}{45,25 \text{ cm}} = 60,58'$ .

Wie ist eine Entscheidung herbeizuführen? Der Schnitt III erfaßt auch die Pfosten des vor dem Glockenhaus stehenden Schleierwerks. Die Achsdistanz dieser Pfosten läßt sich wiederum als „Leiter“ benützen. Die Einheiten dieser Leiter sind allerdings vergleichsweise groß. Damit wächst die Zahl der Möglichkeiten:

## A c h s m a ß

## Schleierwerk

einzeln	zu dritt	Strebpfeiler	Fakt. Maßstab	Schwindmaß
4'6"	13'6"	54,08'	1:35,079	— 2,62‰
4'7"	13'9"	55,08'	35,728	— 0,76
4'8"	14'	56,08'	36,376	+ 1,03
4'9"	14'3"	57,08'	37,026	+ 2,77
4'10"	14'6"	58,08'	37,674	+ 4,44
4'11"	14'9"	59,08'	38,322	+ 6,06
5'	15'	60,09'	38,977	+ 7,63
5'1"	15'3'	61,09'	39,627	+ 9,15
5'2"	15'6"	62,09'	40,275	+ 10,61
5'3"	15'9"	63,09'	40,924	+ 12,03

Für das erste Achsmaß war die Entscheidung zwischen 57,50' und 60,00' offen geblieben. Entsprechend standen für das zweite Achsmaß etwa 58,05' oder etwa 60,58' zur Wahl. Nun sind für das zweite Achsmaß unabhängig vom ersten hypothetische Werte ermittelt. Unter ihnen der Wert 58,08', der 58,05' etwa entspricht, aber kein Wert, der 60,58' nahe käme. Demnach lautet das zweite Achsmaß 58', das erste 57'6".

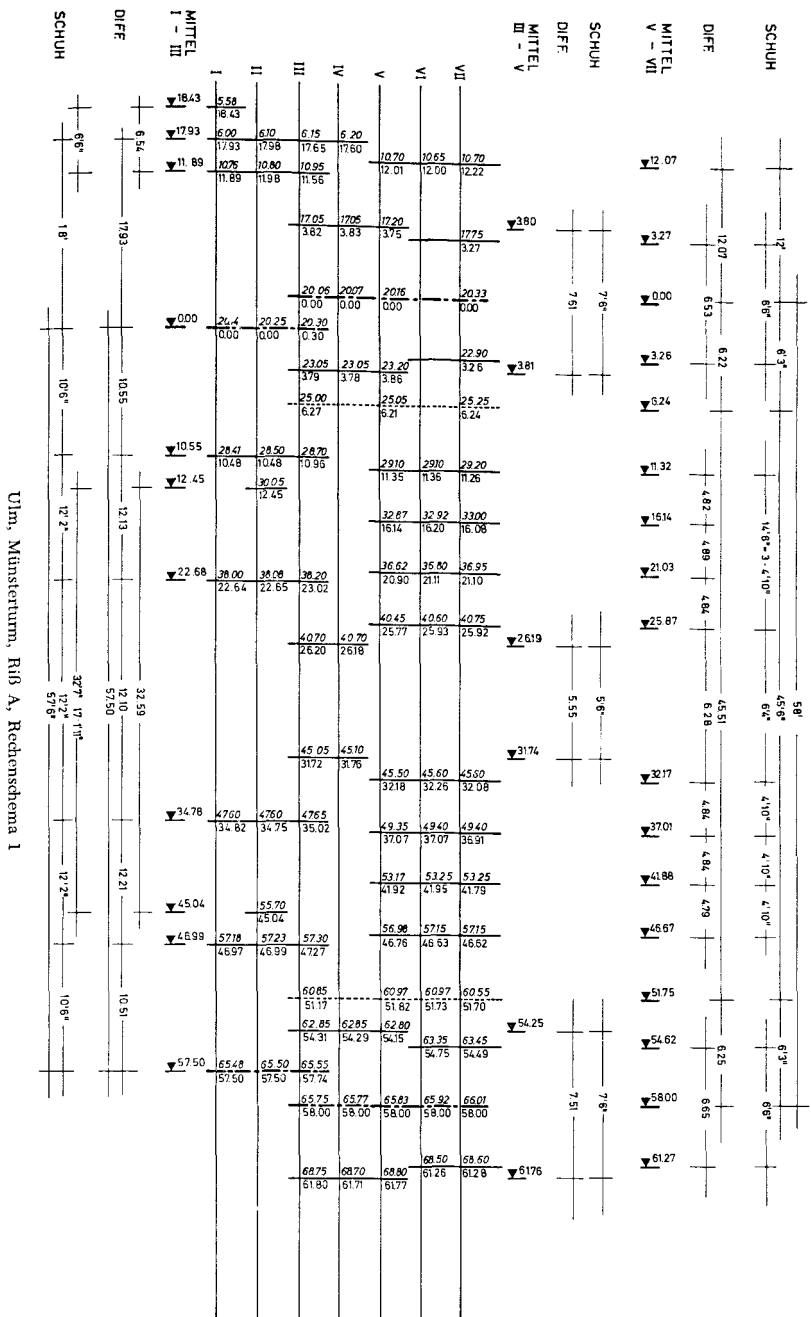
In den Schnitten I... VII ist damit einem jeweils verhältnismäßig großen Planmaß wieder die entsprechende Maßzahl zugewiesen. Im Verhältnis dieser beiden Werte lassen sich nun die Längen der kleineren Planmaße in Maßzahlen angeben.

Die wichtigsten der horizontalen Planmaße des Vierorts sind in das Rechenschema 1 eingegangen. Die Ergebnisse — sie sind in die Abb. 98 und 99 übertragen — nennen im Martinsgeschoß für die Stirnseiten der Strebpfeiler 10'8", für die Achsen des freistehenden Pfostenwerks<sup>771</sup> seitlich je 10'6" zwischen den Achsen  $3 \cdot 12'2" = 36'6"$ , für die Achsen der Wendeltreppen seitlich je 6', mittig 45'6", für die Blendmaßwerke des nach Nord schauenden Strebpfeilers<sup>772</sup> 6'7", für dessen Ausladung (von der Achse an gemessen) 18'6"; im Glockengeschoß für die Stirnseite der Strebpfeiler 7'6" bzw. 6'6", für die Breite des Mittelpfeilers 5'6" bzw. 6'4", für die Achsen des Schleierwerks je  $3 \cdot 4'10" = 14'6"$ , für die Achsen der Wendeltreppen seitlich je 6'3", mittig 45'6", schließlich für die Ausladung des nördlichen Strebpfeilers 18' bzw. 12'.

Im Schnitt IX werden die am Vierort eingebauten Wendeltreppen frei. Zwischen den Kanten der Spornpfeilerchen gemessen verhalten sich die Schräg- und die Stirnseiten der Treppengehäuse wie die Projektionen eines orthogonal stehenden Achtecks. Die einander zugewandten Schrägseiten der beiden Treppenge-

<sup>771</sup> Bezogen auf die Strebpfeilerachsen.

<sup>772</sup> Der südliche Strebpfeiler wurde auf Abb. 98 analog ergänzt.



[illegible]

Ulm, Münsterturn, Riß A, Rechenschema 2

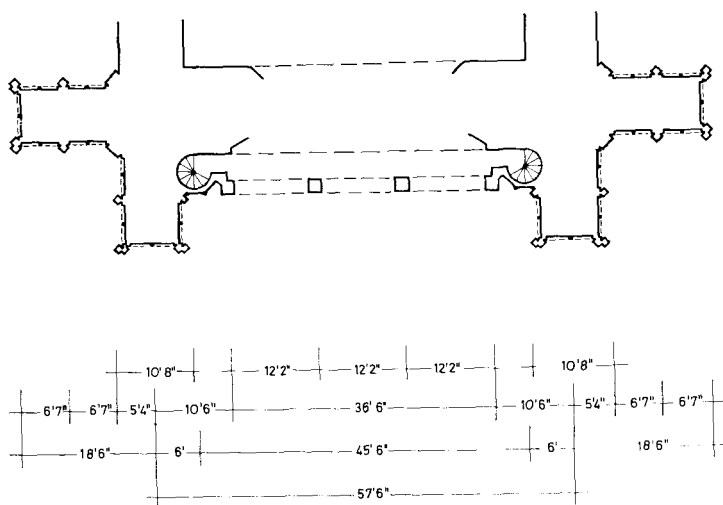


Abb. 98. Ulm Münsterturm Riß A, schematischer Grundriß des Martinsgeschosses.

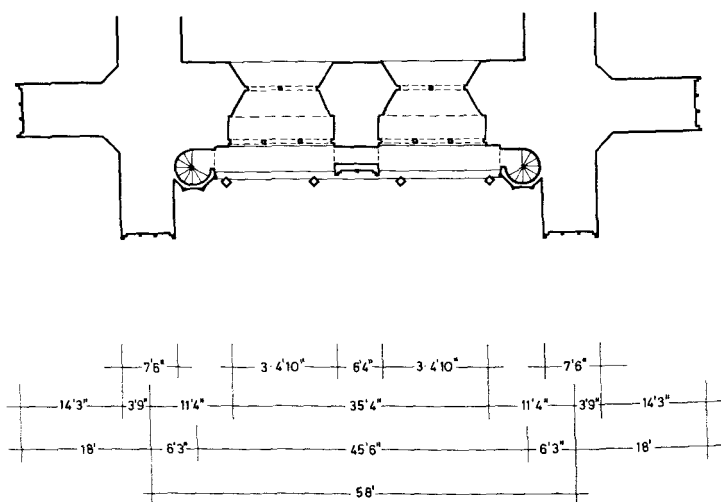


Abb. 99. Ulm Münsterturm Riß A, schematischer Grundriß des Glockengeschosses.

häuser sind allerdings um 3 mm zu breit angegeben. Berichtigt man diesen Irrtum, halten die beiden Gehäuse 8' 6" zwischen den Kanten der Spornpfeilerchen.

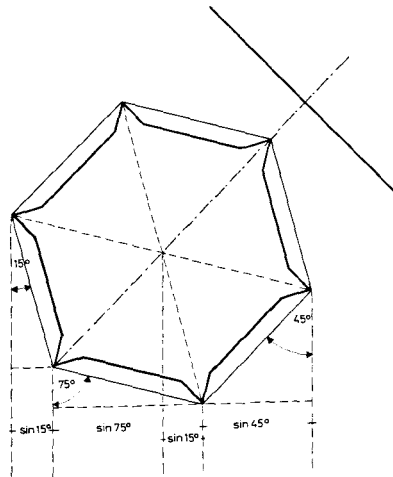
Im Vierort war möglich, von den Achsmaßen der Strebebögen auszugehen. Im Achtort könnte das Achsmaß der Wendeltreppen den gleichen Dienst tun.

Zuvor ist jedoch zu wissen, wo diese Achsen im Riß zu suchen sind. Welchen Querschnitt haben also die Truppentürmchen und wie sind sie dem achtseitigen Turmschaft zugeordnet?

Der Turmschaft ist zweigeschossig. Seinem ersten Geschoß sind polygonale Treppentürmchen beigegeben, deren Kanten zunächst mit doppelten Strebepfeilern besetzt sind. Hier aus der Aufrißprojektion den Querschnitt zu ermitteln, ist nicht ohne weiteres möglich. Im weiteren Aufbau sind diese Strebepfeilerchen partieweise zurückgenommen und schließlich auf Spornpfeilerchen reduziert. Im Haupt des ersten Achtortgeschosses (Schnitt XIV) haben die Schneiden dieser Pfeilerchen folgende Abstände:

$$\begin{array}{cc} \underbrace{1,40 - 4,45 - 3,40 \text{ cm}}_{9,25 \text{ cm}} & \underbrace{3,25 - 4,20 - 1,25 \text{ cm}}_{8,70 \text{ cm}} \end{array}$$

Die Gesamtbreite der beiden Türmchen differiert um 5,5mm. Diese Differenz — sie ist, wie sich herausstellen wird, viermal größer als die Zeichnungsungenauigkeit an dieser Stelle — läßt sich nicht als Versehen des Zeichners, sondern nur als Absicht verstehen, die beiden Türmchen in Varianten darzustellen.



Die horizontalen Teilmaße beider Türmchen verhalten sich zueinander wie die projizierten Seiten regelmäßiger Sechsecke, die mit einer Ecke gegen die Schrägseiten eines regelmäßigen Achtecks gestellt sind.

Ist	$\underbrace{1,40 - 4,45 - 3,40 \text{ cm}}_{9,25 \text{ cm}}$	$\underbrace{3,25 - 4,20 - 1,25 \text{ cm}}_{8,70 \text{ cm}}$
Soll	$\underbrace{1,24 - 4,62 - 3,38 \text{ cm}}_{9,25 \text{ cm}}$	$\underbrace{3,18 - 4,35 - 1,16 \text{ cm}}_{8,70 \text{ cm}}$
Diff.	$-0,16 + 0,17 - 0,02 \text{ cm}$	$-0,07 + 0,15 - 0,09 \text{ cm}$



Die Differenzen zwischen den gemessenen und den trigonometrisch ermittelten Werten sind geringfügig.

Im zweiten Geschoß des Achtorts sind die Treppentürmchen im Querschnitt reduziert und näher an den Turmschaft herangeholt. Die Kanten dieser Türmchen sind in ihrer vollen Höhe mit Spornfeilerchen besetzt. So stehen für die Teilmaße jeweils die Mittel aus den Schnitten XVI . . . XVIII zur Verfügung.

Ist	$\underbrace{1,05 - 3,98 - 2,78 \text{ cm}}_{7,81 \text{ cm}}$	$\underbrace{2,70 - 4,05 - 1,07 \text{ cm}}_{7,82 \text{ cm}}$
Soll	$\underbrace{1,04 - 3,91 - 2,86 \text{ cm}}_{7,81 \text{ cm}}$	$\underbrace{2,86 - 3,91 - 1,04 \text{ cm}}_{7,81 \text{ cm}}$
Diff.	$-0,01 - 0,07 + 0,08 \text{ cm}$	$+0,16 - 0,14 - 0,03 \text{ cm}$

Auch der Umriss dieser Treppentürmchen entspricht einem regelmäßigen Sechseck, das eine Ecke gegen die Schrägseite des Achtorts richtet. Die Treppentürmchen haben übereinstimmende Abmessungen. Die ausgemittelte Ungenauigkeit der Zeichnung ist auch hier nicht größer als 1,6 mm.

Bei sechseckigem Querschnitt liegen die gesuchten Achsen der Treppentürmchen im Aufriß jeweils mittig zwischen den Außenkanten.

Nun zu den Maßzahlen (Rechenschema 2): Auszugehen ist vom Achsmaß der Wendeltreppen am ersten Geschoß des Achtorts. Dieses Achsmaß läßt sich im ersten Anlauf — im Schnitt X ist zwar das Achsmaß der am Vierort aufsteigenden Treppentürmchen in den Helmspitzen noch faßbar, die Achsen der weiter aufsteigenden Wendeltreppen sind aber wegen der gedoppelten Strebepfeilerchen nicht mit Gewißheit auszumachen — nur näherungsweise zu 51,4' bestimmen.

Zwei Überlegungen sind geeignet, diesen Wert genauer festzulegen.

1. Vor dem Fenster des ersten Achtortgeschosses steht ein vierteiliges Schleierwerk, dessen Achsen mit den Achsen der Treppentürmchen zusammen in den Schnitten XIII und XIV erfaßt sind. Geben wir hier dem Achsmaß der Treppentürmchen den ungewissen Wert 51,4', wird der Abstand der äußeren Achsen des Schleierwerks 19,2'. Da das Schleierwerk vierteilig ist, muß dieser Abstand entsprechend teilbar sein, d. h.  $19,2' : 4 = 4,8'$ . Fassen wir dieses Maß genauer zu  $4,75' = 4'9''$ , wird das Achsmaß der äußeren Schleierpfosten 19', das Achsmaß der Wendeltreppen etwa 50,8'.

2. Im oberen Geschoß des Achtorts sind die Treppentürmchen näher an die Schrägseiten des Achtorts herangeholt, was nur in der diagonalen, nicht in der frontalen Richtung des Turmquerschnittes geschehen sein kann. Anders gesagt: Maßgebend ist auch hier der Abstand der Treppachsen von der Turmachse, nicht das Achsmaß der Treppen selbst. Das einstweilen zu 50,8' bestimmte Achsmaß der unteren Wendeltreppen entspricht einem gegen die Turmachse gemessenen Abstand von  $17,96' \cdot 2 \frac{1}{2}$ . Diese Abstände lauten demnach 18', das Achsmaß der Treppen also 50,9116'.

Daraus die — wie erinnerlich unterschiedliche — Breite der unteren Treppentürmchen: Links in der Aufrißprojektion gemessen 11,72', über Eck 12,14'  $\approx$  12', rechts entsprechend 11,03' bzw. 11,41'  $\approx$  11' bzw. bzw. 11'6".

Vom Achsmaß der unteren Treppentürmchen kann man im Schnitt XVI zum Achsmaß der oberen Treppentürmchen übergehen. Der ermittelte Wert ist 45,3'  $= 16,01' \cdot 2\sqrt{2}$ . Das diagonale Maß entspricht also 16', das Achsmaß mißt genauerhin 45,2548'.

Daraus die Breite der oberen Treppentürmchen: In der Aufrißprojektion 9,89', über Eck 10,23'  $\approx$  10'3".

Die geschweift aufsteigenden Grate des Helms sind durch horizontale Kränze verbunden. Die Knotenpunkte sind mit Gratfialen besetzt, deren Achsen im Grundriß die Eckpunkte regelmäßiger Achtecke bezeichnen. Die Breite dieser Achtecke wie am Vierort und am Achtort aus Achsmaßen abzuleiten, ist nicht möglich. Immerhin läßt sich die Größenordnung dieser Maße angeben, sobald man den letzten Blättern des Risses, deren horizontales Schwindmaß anzugeben nicht möglich ist, ein Schwindmaß zuschreibt, das dem Mittel der bis dahin festgestellten horizontalen Schwindmaße (4,4%) entspricht. Man erhält so: Erster Kranz 35,20' ( $= 35'$ ?), zweiter Kranz 29,10' ( $= 29'$ ?), dritter Kranz 26,94' ( $= 27'$ ?), ebenso die Breite des Korbes unter der Helmspitze 7,94' ( $= 8'$ ?) und der Durchmesser der Erdkugel 5,08' ( $= 5'$ ?).

#### bb) Die vertikalen Maße

Die vertikalen Maße des Risses sind durch das Schwinden des Pergaments verunklärt. Wie lassen sie sich ermitteln?

Im Riß C waren kotierte Höhen angegeben. Aus ihnen gingen die vertikalen Maßzahlen und die vertikalen Schwindmaße der Blätter zugleich hervor. Riß A, der keine Koten besitzt, hat sechs bisher nicht beachtete Maßzahlen aufzuweisen. Auf welche Strecken sich diese Maßzahlen beziehen, ist zunächst jedoch unbekannt. So ist nicht möglich, von diesen Maßzahlen auszugehen.

Stützen wir uns also zunächst auf die unbestreitbare Tatsache, daß Pergament nicht maßhaltig ist, sondern schwindet; das hypothetische Minimum des Schwindmaßes beträgt 0%. Weiter ist bekannt, daß das Schwindmaß eines Pergamentblattes in dessen Hauptrichtungen verschieden groß ist. Wenn nun für den Riß A in der horizontalen Richtung ein mittleres Schwindmaß von 4,4% festgestellt ist, wird das mittlere Schwindmaß in der Vertikalen — wir wissen nicht, in welcher Hauptrichtung die Blätter zusammengeklebt wurden — entweder deutlich größer oder deutlich kleiner sein als 4,4%.

Um diese Überlegungen zu konkretisieren: Vom Fußboden der Bläsergalerie bis zur Helmspitze mißt der Oberbau des Turmes im Riß 231.95 cm. Diesem Planmaß entsprechen:

	ZENTIMETER		ULMER		SCHUH	
	RISS	BLATT	BLATT	RISS	RISS	
(MADONNA OK)	(321 30)	(23 70)	(30 21)	(532 46)	(532 67)	
BLATT 7	311 10					
HELMSPITZE (ERDKUGEL UK)	307 60	10 00	12 75	515 00	515'	
HELMSPITZE KNAUF UK	303 70	6 10	7 77	510 02	510'	
KORB BRÜSTUNG OK	301 00	3 40	4 33	506 58	506 6"	
KORB FB	298 20	0 60	0 76	503 01	503'	
KORB GESIMS UK	297 60	0 00	0 00	502 25	502 3"	
BLATT 6	292 20	5 40 + 3 65	6 88	4 66		
KRABBE	288 50			490 71	490 9"	
BLATT 5	284 90	5 30 + 3 65	6 80	4 66		
KRABBE	279 70	58 80	77 00			
KRABBE	270 90	50 00	65 47	479 22	479 3"	
KRABBE	262 15	41 25	56 01	467 69	467 9"	
KRABBE	253 35	32 45	42 49	456 23	456 3"	
UMGANG BRÜSTUNG OK	244 50	23 60	30 90	444 71	444 9"	
UMGANG FB	240 55	19 65	25 73	433 12	433 2"	
KRANZ NASE	220 90	0 00	0 00	427 99	428'	
BLATT 4	217 70	3 20 + 13 10	4 19	402 22	402 3"	
KRANZ NASE	204 55	29 80	38 50			
HELMFUSS SOHLBANK OK	190 80	15 85	20 47	381 01	381'	
HELMFUSS SOCKEL OK	187 00	12 25	15 82	362 98	363'	
ACHTORTGALERIE II BRÜSTUNG OK	184 50	9 75	12 59	358 33	358 3"	
ACHTORTGALERIE II FB	180 60	5 85	7 54	355 10	355'	
FENSTER KÄMPFER	174 75	0 00	0 00	350 05	350'	
BLATT 3	161 20	12 65 + 13 55	17 43	342 51	342 6"	
SOHLBANK OK	147 55	28 75	38 00			
SOCKEL OK	145 07	27 27	34 83	307 58	307 6"	
TREPPENTURM GESIMS OK	144 00	26 20	33 46	304 41	304 6"	
TREPPENTURM GESIMS UK	143 27	25 47	32 53	303 04	303'	
ACHTORTGALERIE I BRÜSTUNG OK	140 67	22 87	29 21	302 11	302'	
SCHLEIERWERK KÄMPFER	134 17	16 37	20 90	298 79	298 9"	
PFEILERPARTIE KÄMPFER	117 80	0 00	0 00	290 48	290 6"	
BLATT 2	105 35	12 45 + 1 25	15 90	269 58	269 6"	
PFEILERPARTIE GESIMS	104 10	33 40	43 50			
TREPPE PFEILERPARTIE KÄMPFER	102 25	31 55	41 09	252 06	252'	
PFEILER KONSOLE OK	91 40	20 70	26 95	249 65	249 6"	
FENSTER SOHLBANK OK	88 70	18 00	23 44	235 51	235 6"	
ACHTORT SOCKEL OK	85 45	14 75	19 21	232 00	232'	
BLASERGALERIE BRÜSTUNG OK	79 68	8 98	11 69	227 77	227 9"	
BLASERGALERIE FB	75 65	4 95	6 44	220 25	220 3"	
SCHLEIERWERK KÄMPFER	70 70	0 00	0 00	215 00	215'	
BLATT 1	58 55	12 20 + 11 15	15 58	208 56	208 6"	
GESIMS OK UND MASSWERKBRÜCKE	47 35	40 70	52 00			
MITTELPFEILER GESIMS OK	35 40	28 75	36 73	178 46	178 6"	
MITTELPFEILER BLENDMASSWERK	31 70	25 05	32 00	163 19	163 3"	
GESIMS OK	31 35	24 70	31 55	158 46	158 6"	
BLENDMASSWERK KÄMPFER	26 25	19 60	25 04	158 01	158'	
FENSTER SOHLBANK OK	23 10	18 45	21 01	151 50	151 6"	
SOCKEL OK	17 65	11 00	14 05	147 47	147 6"	
VIERTORTGALERIE I BRÜSTUNG OK	12 95	6 30	8 04	140 51	140 8"	
VIERTORTGALERIE II FB	9 35	2 70	3 44	134 50	134 6"	
FIALEN FUSS UK	6 65	0 00	0 00	129 90	130'	
BLATT 0	3 00			126 46	126 6"	
(STANDLINIE)				10 00		

Ulm, Münsterturm, Riß A, Rechenschema 3

281,86'	bei 0 ‰ Schwund
288,79'	2,4 ‰
294,83	4,4 ‰
301,13'	6,4 ‰

Die Höhe des Oberbaues beträgt demnach wenigstens etwa 282'; sie dürfte etwa 290' oder etwa 300' ausmachen.

Links neben der den Achtort abschließenden Galerie, d. h. etwa in halber Höhe des Oberbaues, steht im Riß die Maßzahl „300“. Nennt diese Maßzahl die Höhe des Oberbaues — mit dem Ergebnis der vorausgegangenen Überlegungen geht dieser Wert gut überein, — entspricht das vertikale Schwindmaß der Blätter 2 . . . 7 durchschnittlich etwa 6‰.

Die Ermittlung der Maße ist im Rechenschema 3 dargestellt. Zur Art des Vorgehens drei Hinweise:

1. Für die Blätter 2 . . . 7 ist ein mittleres Schwindmaß von etwa 6‰ zu erwarten. Die in der Vertikalen auf einander folgenden, vergleichsweise kurzen Planmaße eines Blattes unter einem konstanten Schwindmaß dieser Größenordnung in Maßzahlen zu überführen, ist nicht allzu schwierig. Die Kontrollen: a) Die Summe der Planmaße eines Blattes muß unter diesem Schwindmaß der Summe der Maßzahlen entsprechen. b) Weicht das vertikale Schwindmaß eines Blattes von etwa 6‰ ab, ist zu erwarten, daß die Schwindmaße der weiteren Blätter diese Abweichung wieder ausgleichen.

2. Wie die eine Maßzahl angibt, mißt die Höhe des Oberbaues 300'. Eine zweite Maßzahl — „515“ — findet sich unmittelbar rechts neben der Helmspitze. Sie kann nur die Höhe des Turmes von der Standlinie bis zur Helmspitze angeben<sup>773</sup>. Damit ist diese Höhe bekannt, obwohl das in diesem Riß einstens dargestellte Vorhallengeschloß samt dem größeren Teil des Martinsgeschosses verloren gingen. Die beiden letzten Spalten des Rechenschemas sind auf diese Höhe eingestellt.

3. Die Madonna, die im Riß noch vor nicht langer Zeit über der Erdkugel auf der Mondsichel stand, ging verloren. Aber ihre Höhe ist der von Carstanjen veröffentlichten Umzeichnung des Risses unschwer zu entnehmen.

<sup>773</sup> Die Differenz der beiden Maßzahlen gibt der Höhe des Vierorts 215'. Im Riß C ist der Vierort 228' hoch, am Bau 235'. — Wie diese beiden Maßzahlen in schwarzbrauner Tinte und mit arabischen Ziffern geschrieben, steht „40 f zvl“ zwischen Fenster und Traufe im linken Treppentürmchen des ersten Achtortgeschosses. Dieses Maß mit dem Riß in Verbindung zu bringen, ist mir nicht gelungen. In roter Tinte mit römischen Ziffern sind am rechten Planrand drei weitere Maßzahlen angeschrieben: In halber Höhe des zweiten Achtortgeschosses „lx“, oberhalb der halben Höhe des ersten Achtortgeschosses „lxxxv“ und in Höhe der oberen Hälfte des Glockengeschosses „lxxxiij“. Diese Maßzahlen auf die genannten Geschosse zu beziehen, liegt nahe. Als Horizontalmaße sind diese Maßzahlen auf die genannten Geschosse zu beziehen (zum Größenvergleich: In den beiden Achtortgeschossen lauten die Achsmaße der Wendeltreppen 50,9116' bzw. 45,2548'). Den Höhen der genannten Geschosse kommen diese Maßzahlen jedoch nahe: 60' + 85' = 145' (die Höhe beider Achtortgeschosse im Riß = 135'), ebenso 84' (die Höhe des Glockengeschosses im Riß 85'). Die mit roter Tinte in römischen Ziffern geschriebenen Maßzahlen sind geringer als die Maße des Risses. Ob sie sich auf ein nachfolgendes Stadium der Planung beziehen? In den Rissen B und C sind die entsprechenden Maße größer.

Danach lauten die hauptsächlichen Vertikalmaße des Risses: Die gesamte Höhe des Risses (532'6''); dem Vierort gehören davon 215', dem Achtort 135', dem Helm 165', der Madonna (17'6'').

#### cc) Die Schwindmaße des Pergaments

Die horizontalen Schwindmaße sind von Blatt zu Blatt und innerhalb der Blätter ungleich groß (Abb. 100). In den Blättern 1 und 3 werden sie nach oben wie nach unten geringer, in Blatt 2 und, wie es scheint, auch in Blatt 4 nehmen sie nach oben zu.

Für die vertikalen Schwindmaße gilt dasselbe: Sie werden in den Blättern 1 und 3 nach rechts kleiner, in den Blättern 2 und 4 werden sie nach rechts größer. Dieser Verteilung der vertikalen Schwindmaße entsprechend hat sich die Turmachse des Risses in einer S-Kurve verzogen. In der Horizontalen spielt die Größe des Schwindmaßes zwischen 3,9 und 5,3 ‰, in der Vertikalen zwischen 4,1 und 7,2 ‰. Die Blätter sind demnach so aneinander gefügt, daß die kleineren bzw. die größeren Schwindmaße jeweils in der gleichen Richtung liegen. Anders als im Riß C liegen die größeren Schwindmaße hier allerdings in der Vertikalen, haben also auf die Höhe des Risses einen relativ größeren Einfluß.

#### b) Die Maße des Risses im Vergleich zu den Maßen des Bauwerks

Wie weit Ulrich von Ensingen den Bau des Turmes gefördert hat, ist nicht bekannt. Gewiß nicht bis zu der Höhe, in welcher sein Riß heute einsetzt. Ulrichs Bauausführung mit diesem Riß zu vergleichen, ist damit nicht möglich, ein einziges Maß ausgenommen:

Am Bau setzt das Achsmaß der westlichen Strebepfeiler im Vorhallengeschoß ein mit 57'6'' und ist hinter den ins Martinsgeschoß aufsteigenden Fialtürmen bereits in der Traufhöhe der Vorhalle auf 55' eingezogen. Der Riß dagegen gibt diesem Achsmaß hoch oben im Martinsgeschoß noch immer 57'6''.

Aus dieser Diskrepanz ist entweder zu schließen, Ulrich von Ensingen habe den Bau des Turmes — im Achsmaß der Strebepfeiler mit dem Riß übereinstimmend — nicht über die Traufhöhe der Vorhalle hinaus gefördert, oder er habe, wie die folgende Gegenüberstellung zeigt — vom Riß abweichend — auch einen Teil des Martinsgeschosses erbaut.

	Riß		Bau		Diff.	
	β	m	β	m	β	cm
Breite der Strebepfeiler	10'8''	3,16	(9')	(2,66)	— (1'8'')	— (49)
Achsmaß des Pfostenwerks	12'2''	3,60	(11'4'')	(3,36)	— (10'')	— (25)
Achsmaß der Wendeltreppen	45'6''	13,48	(40'6'')	(12,00)	— (5')	— (148)
Achsmaß des Blendmaß- werks an den Flanken						
der seitlichen Strebepfeiler	6'7''	1,95	6'6''	1,92	— 1''	— 2

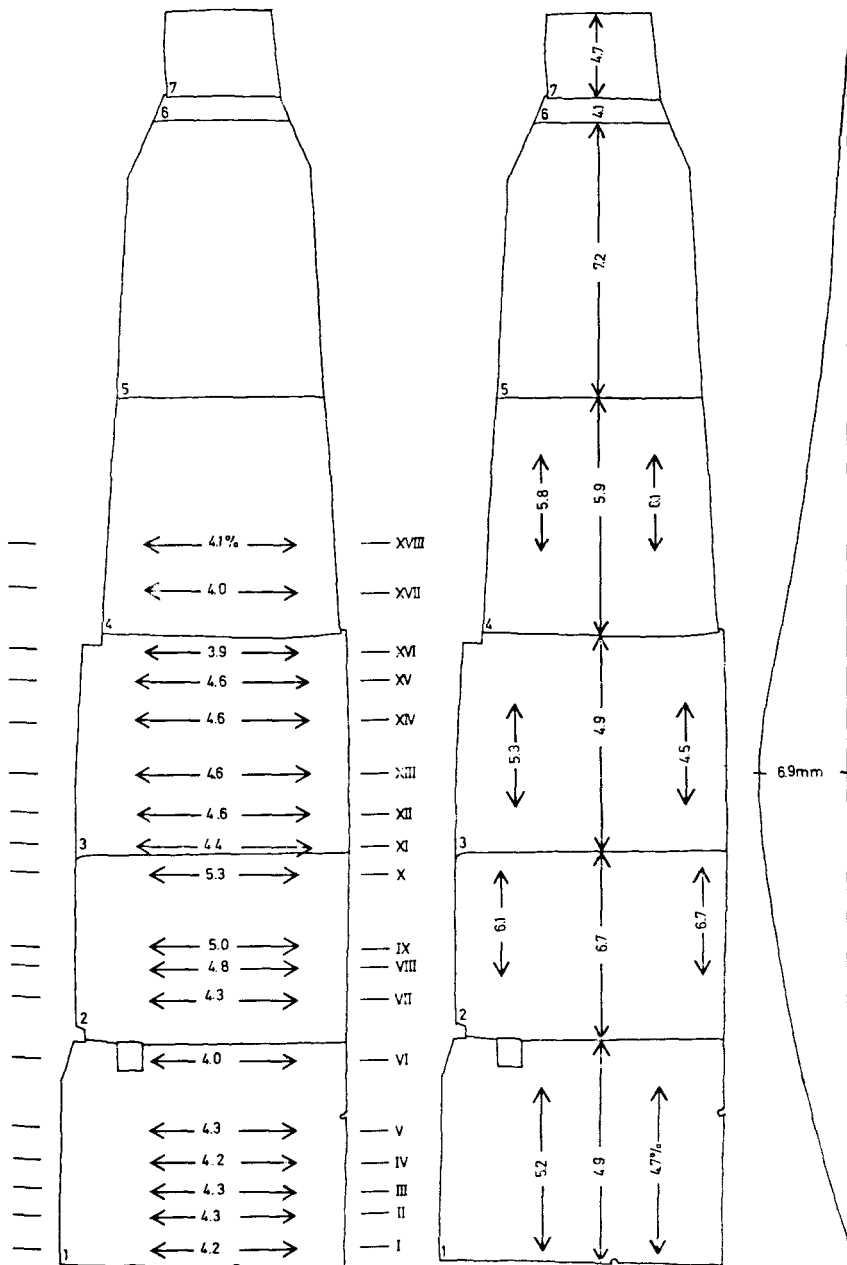


Abb. 100. Ulm Münsterurm Riß A, Schwindmaße.

Ausladung der seitlichen  
Strebepeiler, von der  
Achse der westl. Strebe-  
peiler an gemessen

18'6''    5,48    (17'6'')    (5,18)    —    (1')    —    (30)

### 3. Jörg Syrlins d. J. Riß D

Der Riß wird heute im Württembergischen Landesmuseum in Stuttgart gezeigt<sup>774</sup>. Sein Pergament — es mißt 68,5×331,0 cm — ist aus 5 Blättern zusammengeklebt (Abb. 101). Alle Blätter sind von ausgesuchter Qualität, trotz ihrer Größe fehlerfrei und von hellstem Ton. Die Zeichnung steht auf der flaumigen Innenseite des Pergaments.

Noch 1897 wurde der Riß gerollt aufbewahrt<sup>775</sup>. Seit etwa 1953 ist er auf eine mit braunem Papier beklebte, rückseitig durch einen Rost verstärkte Preßplatte aufgezogen. So liegt das Pergament heute plan<sup>776</sup>.

Die Zeichnung ist mit dem Blindrillenstift vorgerissen. Zahlreiche Blindrillen sind im Streiflicht deutlich zu sehen. Um nur die auffälligsten zu nennen: In der oberen Hälfte des Vorhallengeschosses die Achsen der westlichen Strebepeiler; im folgenden Geschoß die Kämpferhöhe des Martinsfensters, die Achsen der 4 vor dem Martinsfenster stehenden Pfosten, die Achsen der westlichen Strebepeiler und in den seitlichen Strebepeilern die Achsen der Blendmaßwerke, die Nase des die Maßwerkpartien trennenden Gesimses, die Scheitelhöhe der auf den Wimpergen stehenden Kreuzblumen; im Glockengeschoss die Turmachse, die Achsen der westlichen Strebepeiler, die Gesimsnase oberhalb der Maßwerkbrücke des Schleierwerks, dazu in den seitlichen Strebepeilern alle Achsen und die Kämpferhöhe des Blendmaßwerks der ersten Partie, die Nasenhöhe des folgenden Gesimses, in den Sockeln der Fialtürmchen alle zur zeichnerischen Konstruktion erforderlichen Horizontalen und Vertikalen, genauso in der oberen Hälfte dieses Geschosses alle zur Konstruktion der Fialhelme und ihrer Krabben nötigen Hilfslinien; im 1. Achtortgeschoß das vor dem mittleren Fenster freistehende Maßwerk (in einer ersten Vorzeichnung irrtümlich um 50 mm zu weit unten angegeben, vgl. Abb. 101); im 2. Achtortgeschoß die Turmachse, die Kanten des Achtorts (bis in die Höhe des Helmfußes aufsteigend), die Leibungskanten des mittleren Fensters, dazu die Konstruktion einiger Fialhelme samt Krabben; im Helm die Turmachse und die Konstruktion einiger Fialen. — Einige dieser Blindrillen, vor allem die in den Achsen der westlichen Strebepeiler, sind in das Pergament so tief eingegraben, daß der braune Ton des unterlegten Papiers durchscheint. —

<sup>774</sup> Literatur: HASSLER 1864, S. 97. — KLAIBER 1909, S. 477. — KLAIBER 1911, S. 32. — KLETZL 1939, S. 119. — FRIEDERICH 1962, S. 36 f. — Eine Nachzeichnung des Risses in etwa 1/5 der Größe des Originals ist einem Band der württ. Kunstdenkmäler als Titelpupfer beigegeben (PAULUS-GRADMANN 1914).

<sup>775</sup> Zentralblatt der Bauverwaltung 17. 1897, S. 167.

<sup>776</sup> Nur in halber Höhe des Helms, rechts, außerhalb der Zeichnung, haben sich Falten gebildet.

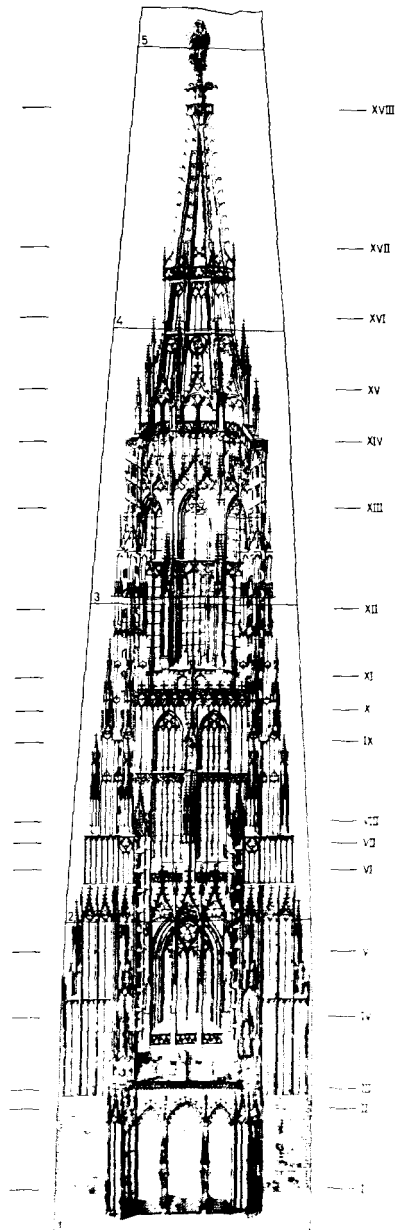


Abb. 101. Ulm Münster. Riß D.



Diese Blindrillen würde ein Zeichner heute, wollte er den Riß neu aufreißen, für die Vorzeichnung genauso ansetzen. Geraden oder Zirkelschläge, die als Reste einer Proportionsfigur gelten könnten, habe ich nicht gesehen.

Ausgezogen ist der Riß mit einer scharfen, an der Schiene laufenden Reißfeder. Vegetabilisches und Figürliches ist mit der Zeichenfeder eingesetzt, ebenso die Schattenschraffur. Die Tinte steht heute in einem hellrostbraunen bis schwarzbraunen Ton.

Der Riß bietet keine Maßzahlen.

In der mittleren Arkade der Vorhalle steht das Meisterzeichen des jüngeren Syrlin<sup>777</sup>.

#### a) Die Maße des Risses

Der Riß liegt unmittelbar hinter der Glasplatte der Vitrine, was die Ermittlung der Planmaße erleichtert.

#### aa) Die horizontalen Maße

Zunächst sind wieder die Achsmaße der westlichen Strebepfeiler festzustellen.

Die im Niveau einsetzenden Strebepfeiler reichen bis zur Sohlbankhöhe des Martinsfensters. In dieser Höhe sind sie eingezogen; das zweite, weniger große Achsmaß reicht mit den Treppentürmen bis unter die Galerie des Achtors.

Sind für beide Achsmaße außer den Planmaßen auch die Schuhzahlen bekannt, lassen sich die weiteren Planmaße der Schritte I... XIV ebenfalls in Schuhzahlen angeben.

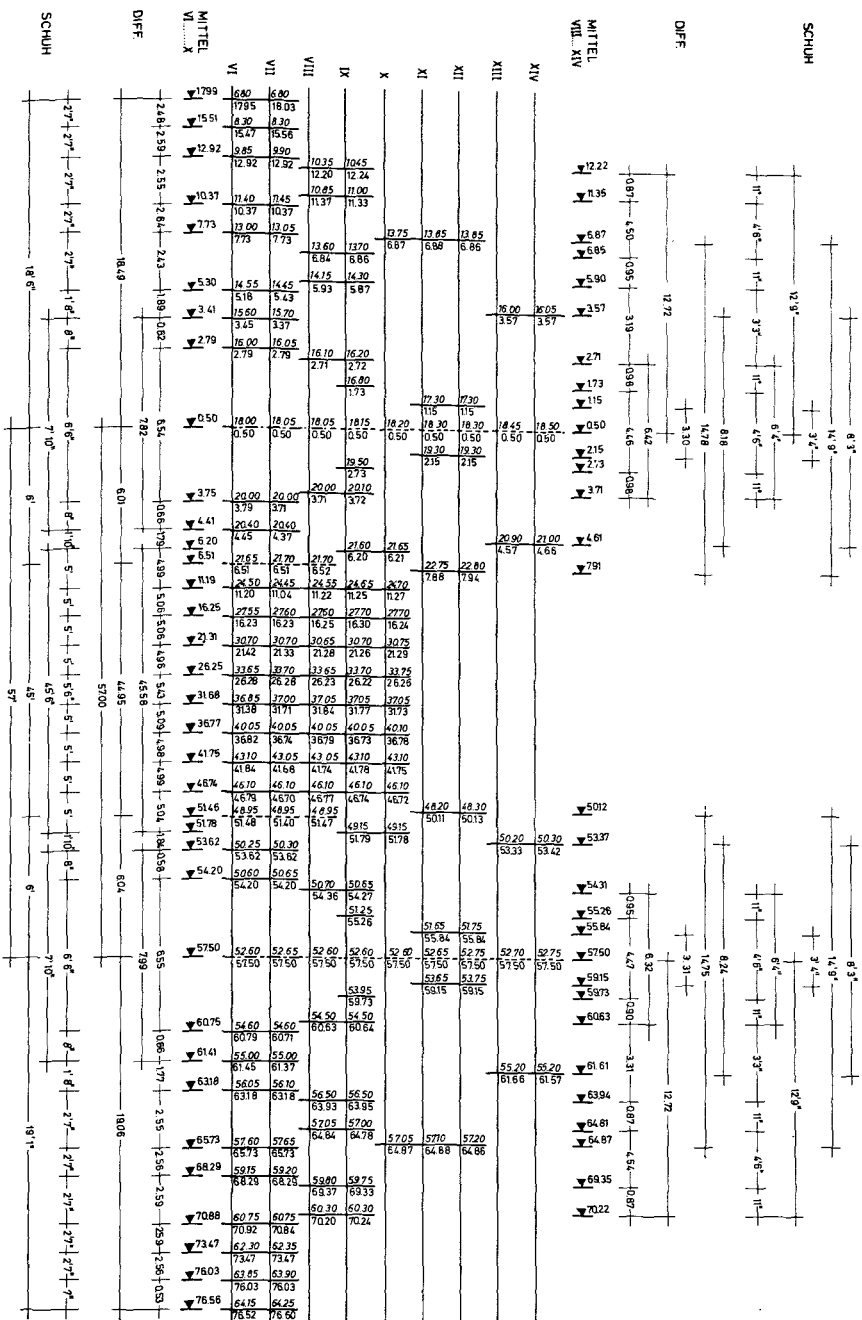
Die Schuhzahl des ersten Achsmaßes zu ermitteln, bietet sich der Lilienfries an, der unter der Traufe der Vorhalle hinzieht. 18 aufeinander folgende Doppelseinheiten dieser „Leiter“ lassen sich messen (= 29,30 cm). Von den Endpunkten der Leiter ist die Achse des linken Strebepfeilers 2,70 cm, die des rechten Strebepfeilers 2,90 cm entfernt<sup>778</sup>. In dieser Differenz wird eine Ungenauigkeit der Zeichnung sichtbar. Im ersten Ansatz der Überlegungen — ist nun der Fries oder ist die eine oder die andere Strebenachse ungenau gezeichnet? — läßt sich diese Ungenauigkeit nicht näher lokalisieren, genauso wenig läßt sie sich aus einem ersten Rechengang ausscheiden. Daher ein Versuch auf anderen Wegen.

Vor den beiden Fenstern des Glockengeschosses ist ein Schleierwerk zwischen die Flanken der westlichen Strebepfeiler und dem Mittelpfeiler freistehend eingesetzt. Die Stabachsen dieses Schleierwerks bilden ebenfalls eine Leiter. Ihr Schrittmaß ist groß, die Anzahl der Schritte gering. Diese Mängel werden durch

<sup>777</sup> A. KLEMM, Württ. Baumeister und Bildhauer, in: Württ. Vierteljahresshefte für Landesgeschichte, Jg. 5, 1882, S. 82. — A. KLEMM, Über die beiden Jörg Sürin, in: Ulmer Münsterblätter 3./4. Heft, 1883, S. 74. — A. KLEMM, Württ. Baumeister und Bildhauer bis ums Jahr 1750 in: Württ. Jahrbücher für Statistik und Landeskunde, Jg. 1882, Stuttgart 1893, Fig. 30. — M. LEHR, Über gestochene Vorlagen für gotisches Kirchengesamtheit, in: Ztschr. f. Christl. Kunst 6, 1893, S. 74. — KLAIBER 1909, S. 477. — BAUM 1911, S. 19 f., 51. — KLAIBER 1911, S. 336. — Abweichend FRIEDERICH 1962, S. 36.

<sup>778</sup> Vgl. Riß D Rechenschema 1





Ulm, Münsterturn, Riß D, Rechenschema 2

eine Komplikation ausgeglichen: Das Achsmaß der an den Mittelpfeiler anschließenden Stäbe — die in den Schnitten VI . . . X genommenen Planmaße zeigen dies zweifelsfrei — ist um genau  $\frac{1}{10}$  größer als das normale Schrittmaß der Leiter.

Nun lauten die Bedingungen: 1. Für das Achsmaß der westlichen Strebepfeiler ist im Riß eine Maßzahl voranzusetzen, die von der am Bau verwirklichten Maßzahl nicht — oder wenigstens nicht erheblich — abweicht. — 2. Die normalen Schrittmaße, genauso das um  $\frac{1}{10}$  vergrößerte Schrittmaß der Leiter, sind als Baumaße in Schuh und Zoll darzustellen. — 3. Planmaß und Maßzahl treffen sich im faktischen Maßstab des Risses. Da das Pergament aufgezogen ist, muß sich dieser faktische Maßstab über ein etwa 2 % großes Schwundmaß<sup>779</sup> auf einen der bekannten Zeichenmaßstäbe zurückführen lassen.

Diesen Bedingungen entspricht folgende Lösung: 1. Das am Bau verwirklichte Achsmaß der westlichen Strebepfeiler mißt im Glockengeschoß 55'. Wäre dieses Maß im Riß in derselben Größe vorgesehen, müßte das normale Schrittmaß der Leiter annähernd 5' ausmachen. — 2. Geben wir dem normalen Schrittmaß der Leiter 5', dem mittleren Schritt 5'6'', erhalten wir entsprechend dem Verhältnis der Planmaße in den Schnitten VI . . . X für das Achsmaß der westlichen Strebepfeiler im Mittel 56,91'; dieser Wert dürfte innerhalb der Meßgenauigkeit für 57' stehen. — 3. Stellen wir 57' den entsprechenden Planmaßen in den genannten Schnitten gegenüber, erhalten wir den — ausgemittelten und in dieser Hinsicht nicht wörtlich zu nehmenden — faktischen Maßstab 1:48,84, der sich über 1,7 % Schwund auf den Zeichenmaßstab 1:48 zurückführen läßt.

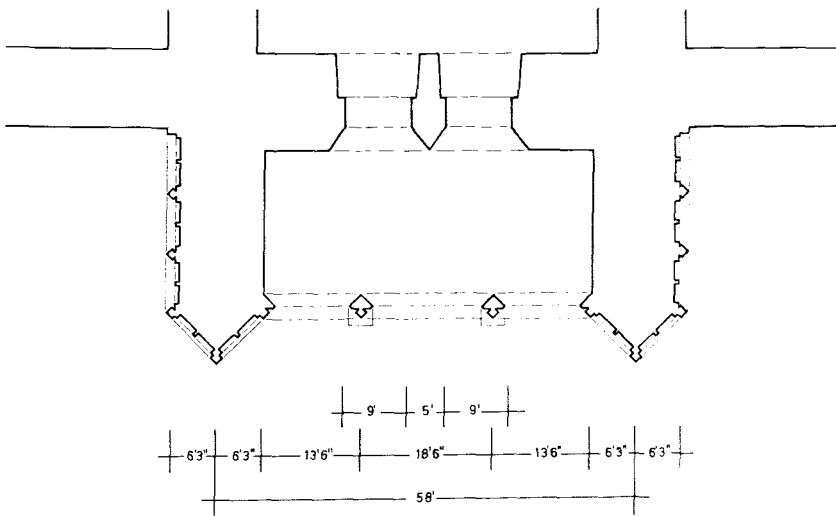


Abb. 102. Ulm Münsterurm Riß D, schematischer Grundriß des Vorhallengeschoßes.

<sup>779</sup> HECHT 1966, Abb. 2.

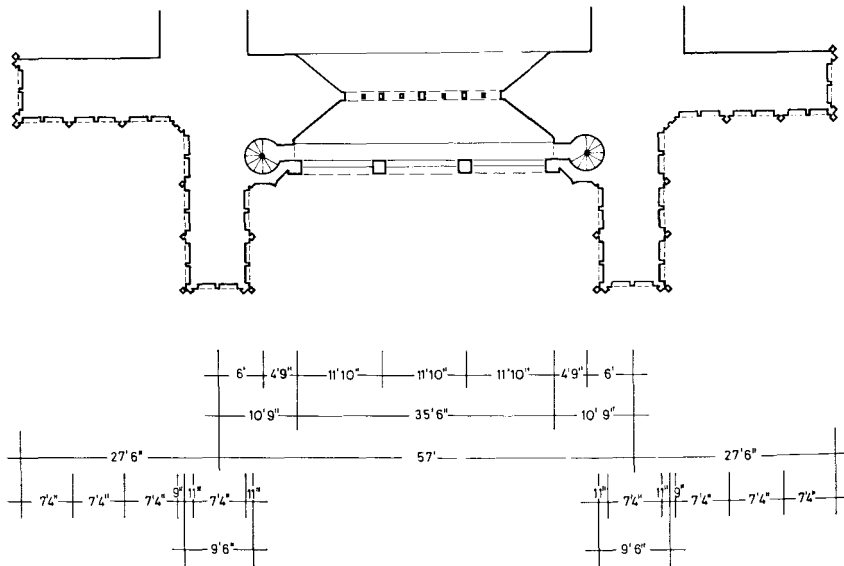


Abb. 103. Ulm Münsterurm Riß D, schematischer Grundriß des Martinsgeschosses.

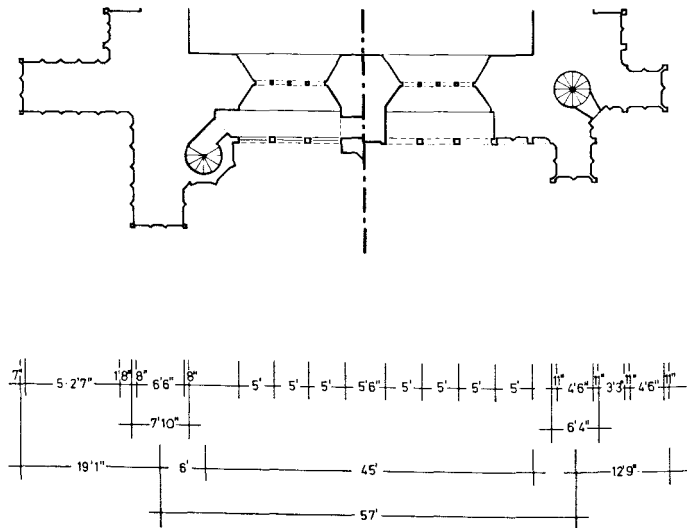


Abb. 104. Ulm Münsterurm Riß D, schematischer Grundriß des Glockengeschosses.

Nun der Versuch, aus diesem zweiten Achsmaß das erste Achsmaß der westlichen Strebepfeiler abzuleiten.

Des einstweilen nicht näher lokalisierbaren Zeichenfehlers wegen wäre nicht sinnvoll, von einem Achsmaß in das andere unmittelbar überzugehen. Der folgende Umweg ist sicherer: Im Schnitt III ist das erste, in Schnitt IV das zweite Achsmaß der westlichen Strebepfeiler und in beiden Schnitten sind die Achsen der Blindmaßwerke erfaßt, die den Flanken der seitlichen Strebepfeiler vorgelegt sind. Nachdem im Schnitt IV für das Achsmaß der westlichen Strebepfeiler die Maßzahl 57' ermittelt ist, lassen sich die Achsendistanzen der Blindmaßwerke in diesem Schnitt ebenfalls in Maßzahlen angeben. Diese Maßzahlen gelten genauso im Schnitt III. So sind in diesem Schnitt zwischen den eingemessenen Punkten 1,70—69,05, 6,10—64,70 und 10,50—60,40 cm drei sich überlappende Planmaße samt den zugehörigen Maßzahlen bekannt. Weitere Planmaße des Schnittes III — die Länge des eingangs als Leiter benutzten Bogenfrieses, dessen Abstände von den Achsen der Strebepfeiler und das Achsmaß der Strebepfeiler selbst — lassen sich nun ebenfalls in Maßzahlen angeben.

Die Ergebnisse dieser Zwischenrechnung: 1. Das erste Achsmaß mißt 57,94'  $\approx$  58'. — 2. Die Achsen der westlichen Strebepfeiler stehen zur Turmachse symmetrisch, d. h. der genannte Zeichenfehler betrifft nicht die Strebenachsen, sondern den unter der Vorhallentraufe hinziehenden Lilienfries. — 3. Die 18 Doppeleinheiten dieses Frieses messen zusammen 48,70', einzeln 2,70', die Anschlußmaße links 4,48', rechts 4,82'. Hier den Zeichenfehler näher zu lokalisieren und damit zu entscheiden, ob das Schrittmaß des Frieses als 2'8" (2,66') oder 2'9" (2,75') anzusprechen sei, ist mit den verfügbaren Meßwerten nicht möglich.

Nun sind in den Schnitten I . . . XIV für die Achsmaße der westlichen Strebepfeiler außer den Planmaßen auch die Maßzahlen bekannt. So ist möglich, mit Hilfe der Rechenschemata 1 und 2 weitere Planmaße dieser Schnitte ebenfalls in Schuh und Zoll zu benennen. Diese Schuhzahlen sind in die schematischen Horizontalschnitte (Abb. 102, 103 und 104) übergegangen.

#### bb) Die vertikalen Maße

Einer Benennung der vertikalen Maße stellen sich 3 Schwierigkeiten entgegen: 1. Der Riß besitzt keine Maßzahlen. — 2. Der Riß ist in orthogonaler Projektion dargestellt. Gleichwohl hat der Zeichner versucht, diese Projektion mit Hilfe von Schlagschatten und „Umklappungen“ einem dreidimensionalen Eindruck näher zu bringen. So hat er den Fußboden der Vorhalle und die Füße der westlichen Strebepfeiler nach unten gezogen, d. h. gleichsam in schräger Draufsicht wiedergegeben. Entsprechend hat er die am Achtort und am Helm umlaufenden Gesimse in ihrem nach Westen schauenden Abschnitt angehoben, womit so etwas wie eine schräge Untersicht zustande kam. Das Maß dieser Anhebungen

	ZENTIMETER		ULMER		SCHUH	
	RISS	BLATT	BLATT	RISS		
→ MADONNA OK	328.90	0.00	0.00	530.49	530.6"	
BLATTRAND	320.50	84.0 + 4.00	13.88 + 6.67			
HELM OK	316.50	58.95	97.47	509.97	510"	
KANZELBRÜSTUNG OK	306.10	48.55	80.27	492.77	492.9"	
→ KANZEL FB	303.85	46.30	76.55	489.05	489"	
→ GESIMS OK	300.85	43.10	71.26	483.76	483.9"	
→ HELMGALERIE BRÜSTUNG OK	261.50	3.95	6.53	419.03	419"	
→ HELMGALERIE FB	258.75	1.20	1.98	414.48	414.6"	
→ HELMGALERIE	257.55	0.00	0.00	412.50	412.6"	
BLATTRAND	244.50	0.55 + 13.05	0.90 + 21.57			
→ KRANZ OK	243.95	72.05	118.24	390.03	390"	
→ KRANZ UK	242.70	70.80	116.19	387.58	388"	
→ ACHTORTGALERIE BRÜSTUNG OK	219.10	47.20	77.46	349.25	349.3"	
→ ACHTORTGALERIE FB	216.55	44.65	73.27	345.06	345"	
→ TREPPENTURM BRÜSTUNG OK	214.70	42.80	70.24	342.03	342"	
→ TREPPENTURM UK	212.25	40.35	66.22	338.01	338"	
→ BLENDMASSWERK KAMPFER	198.25	26.35	43.24	315.03	315"	
→ TREPPENTURM EINZUG	194.45	22.55	37.00	308.79	308.9"	
→ MASSWERKBRÜCKE	181.80	9.90	16.24	288.03	288"	
→ TREPPENTURMSTREBEN WIMPERGUFUSS	171.90	0.00	0.00	271.79	271.9"	
BLATTRAND	169.40	2.50 + 6.60	4.10 + 10.97			
→ TREPPENTURM EINZUG	162.80	69.25	115.20	256.70	256.9"	
→ FENSTERSOHLBANK OK	155.15	61.60	102.47	243.97	244"	
→ FENSTERSOHLBANK UK	151.70	58.15	96.73	238.23	238"	
→ VIERORTGALERIE BRÜSTUNG OK	146.45	52.90	88.00	229.50	229"	
→ VIERORTGALERIE FB	143.75	50.20	83.51	225.00	225"	
→ FENSTER KAMPFER	134.40	40.85	67.95	209.45	209.6"	
→ MASSWERK KAMPFER	132.50	38.95	64.79	206.29	206.3"	
→ MASSWERKBRÜCKE OK	124.20	30.65	50.98	192.48	192.6"	
→ MASSWERKBRÜCKE NASE	123.45	29.90	49.74	191.24	191.3"	
→ HORIZONTALE	106.80	13.25	22.04	163.54	163.6"	
→ GESIMS NASE UND TREPPENTURM HELMFUSS	106.45	12.90	21.48	162.95	163"	
→ FENSTER SOHLBANK OK	101.05	7.50	12.47	153.87	154"	
→ FENSTER SOHLBANK UK	99.25	5.70	9.48	150.98	151"	
→ VIERORTGALERIE II BRÜSTUNG OK	96.10	2.55	4.24	145.74	145.9"	
→ GESIMS OK UND GALERIE II FB	93.85	0.30	0.49	141.99	142"	
→ GESIMS NASE	93.55	0.00	0.00	141.50	141.6"	
BLATTRAND	83.20	0.15 + 10.35	0.24 + 17.21			
→ BLENDMASSWERK UND PFOSTEN KAMPFER	83.05	74.95	124.00	124.00	124"	
→ MARTINSFENSTER KAMPFER	73.85	65.75	108.78	108.78	108.9"	
→ ZWISCHENGESIMS NASE	61.90	53.80	89.01	89.01	89"	
→ PFOSTEN GESIMS	57.95	49.85	82.47	82.47	82.6"	
→ MARTINSFENSTER SOHLBANK OK	56.00	47.90	79.25	79.25	79.3"	
→ VIERORT GALERIE I BRÜSTUNG OK	52.10	44.00	72.79	72.79	72.9"	
→ VIERORT GALERIE I FB	49.20	41.10	68.00	68.00	68"	
→ VORHALLE DACH DECKGESIMS OK	48.45	40.35	66.75	66.75	66.9"	
→ VORHALLE TRAUFGESIMS OK	39.50	31.40	51.95	51.95	52"	
→ GESIMS NASE	35.35	27.25	45.08	45.08	45"	
→ PFELERFIALEN FUSS	28.05	19.95	33.00	33.00	33"	
→ VORHALLE ARCHIVOLTEN KAMPFER	26.85	18.75	31.02	31.02	31"	
→ SEITLICHE STREBEPFELER FUSSLINIE	8.70	0.80	0.99	0.99	1"	
→ VORHALLE INNENPORTALE SCHWELLE	8.10	0.00	0.00	0.00		

Ulm, Münsterturm, Riß D, Rechenschema 3

steht mit der Höhenlage der Gesimse in keinem Zusammenhang<sup>780</sup>. Ist der Zeichner den uns geläufigen Gesetzen der Darstellung nicht gefolgt, ist damit noch nicht erwiesen, er sei regellos vorgegangen. Nach einer Regel zu fragen sind wir genötigt, denn anders lassen sich vertikale Planmaße des Risses, soweit sie von solchen „Umklappungen“ betroffen sind, nicht definieren. — 3. Bekannt ist der Zeichenmaßstab des Risses (1:48). Die Größe der Schwindmaße (1,5 . . . 2,8 %) ist vorerst nur in horizontaler Richtung bekannt; ob die vertikalen Schwindmaße der einzelnen Blätter größer oder kleiner sind als die horizontalen Schwindmaße, ist einstweilen offen.

Auszugehen ist von den Blättern des Risses, die 2 Festpunkte enthalten<sup>781</sup>. Auch in der Vertikalen sind die Planmaße des Risses samt dem Zeichenmaßstab und dem der Größenordnung nach vermutbaren Schwindmaß in Verbindung zu bringen mit Schuhzahlen, die über alle Blätter des Risses durchlaufend glaubhafte Werte angeben. Die besondere Schwierigkeit des Vorgehens ist hier darin begründet, daß die Planmaße, soweit sie von „Umklappungen“ betroffen sind, nur im Ergebnis des Rechenvorgangs definiert, d. h. die den „Umklappungen“ etwa zugrunde liegende Regel erst vom Ergebnis her aufgedeckt werden kann. Nach vergeblichen Versuchen — bei irriger Definition eines Planmaßes erreichen die Schwindmaße oder/und die Maßzahlen spätestens im übernächsten Blatt völlig unglaubliche Werte — stellen sich die im Rechenschema 3 genannten Schuhzahlen samt Schwindmaßen der erwarteten Größenordnung unter der Voraussetzung heraus, daß die Nullhöhe der Vertikalmaße in der Schwellenhöhe des inneren Westportals und daß die Höhe der in ihrem westlichen Abschnitt angehobenen Gesimse in halber Höhe der „Umklappung“ gesucht wird<sup>782</sup>.

### cc) Die Schwindmaße des Pergaments

Wie für ein aufgezogenes Pergament zu erwarten, erreichen die Schwindmaße nur geringe Werte (Abb. 105). Auch hier sind die Schwindmaße in den Hauptachsen der Blätter verschieden groß und sind in den Blattbreiten bzw. -höhen gestaffelt. Die Ungleichheit der vertikalen Schwindmaße hat auch in diesem Riß eine Krümmung der Turmachse bewirkt<sup>783</sup>.

<sup>780</sup> Auch in den am Achtort aufsteigenden Treppentürmchen hat der Zeichner diese scheinperspektivischen „Umklappungen“ nicht konsequent verwendet, sondern hat mit einziger Ausnahme der abschließenden Gesimse und der Brüstungen die Horizontalen in orthogonaler Projektion dargestellt.

<sup>781</sup> Blatt 1: Portalschwelle und Vierort-Galerie I. FB. — Blatt 2: Vierort-Galerie II. FB und Vierort-Galerie (Bläsergalerie) FB. — Blatt 4: Helm-Galerie FB und Helm OK.

<sup>782</sup> FRIEDERICH (1962, S. 38) hat Höhenmaße dieses Risses in Meter unter folgenden Annahmen gewonnen: 1. Das erste Achsmaß des Risses sei mit dem entsprechenden Achsmaß des Bauwerks identisch, 2. dem derart festgelegten Verhältnis von Planmaß und Meterzahl entsprechend seien die vertikalen Planmaße in Meterzahlen zu übersetzen, 3. die Nullhöhe — dies geht aus den von Friederich genannten Werten indirekt hervor — liege etwa in halber Höhe des „heruntergeklappten“ Fußbodens der Vorhalle. Obwohl sich diese drei unzutreffenden Annahmen in ihren Auswirkungen zum Teil ausgleichen, sind die von Friederich genannten Meterzahlen um 0,40 bis 2,15 m zu groß.

<sup>783</sup> Eine Gerade, die den untersten Punkt der Turmachse mit deren oberstem Punkt verbindet, schneidet die gekrümmte Turmachse nicht in der Blattgröße  $\frac{2}{3}$ , sondern bereits in Höhe des Schnittes XI. In Blatt 2 vergrößern sich die horizontalen Schwindmaße aufsteigend bis zum Schnitt XI und werden von hier aus gegen den Blatttrand  $\frac{2}{3}$  wieder geringer.



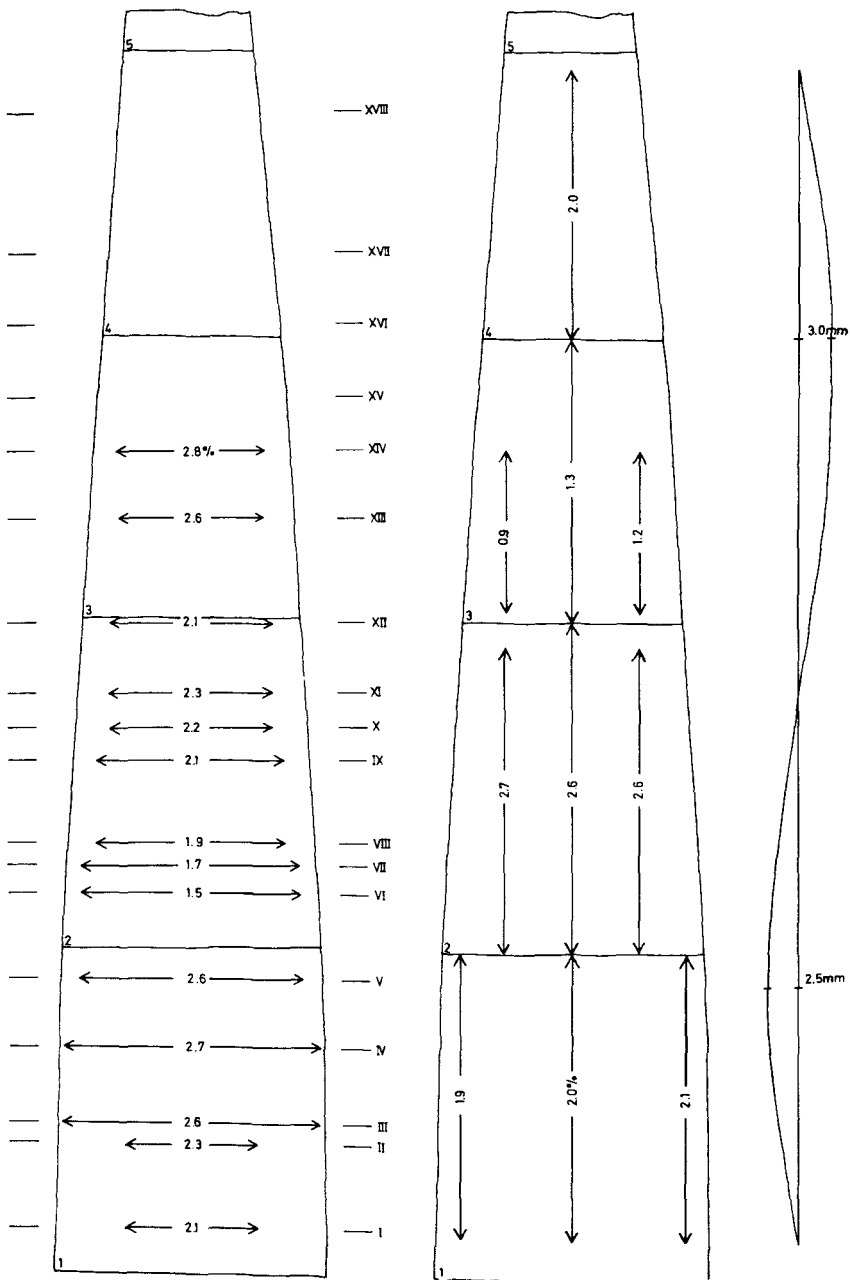


Abb. 105. Ulm Münsterurm Riß D, Schwindmaße.

Die Blätter sind in den Riß nicht gleichartig eingefügt: Die kleineren Schwindmaße liegen in den Blättern 1 und 3 in senkrechter, in Blatt 2 in waagerechter Richtung.

b) Die Maße des Risses im Vergleich zu den Maßen des Bauwerks

Der Riß D ist um 1480, d. h. etwa gleichzeitig mit Matthäus Böblings Riß C entstanden. Wie aus einer Beischrift des Risses C hervorgeht, waren damals die beiden ersten Geschosse des Turmes an der Baustelle verwirklicht. So wäre zu vermuten, der Riß D stimme mit dem Baubestand nicht lediglich in der seit Ulrich von Ensingen feststehenden Disposition, sondern auch in der formalen Durchbildung, genauso in den Abmessungen überein.

Klaiber und Friedrich haben bereits festgestellt, die Durchbildung des Risses weiche da und dort vom Baubestand ab<sup>784</sup>. Wie die folgende Gegenüberstellung zeigt, stimmen auch die Maße des Risses mit den Maßen des Bauwerks in den beiden ersten Geschossen des Turmes nicht überein.

	Horizontal Riß		Bau		Diff.	
	ß	m	ß	m	ß	cm
<b>Vorhallengeschoß</b>						
Achismaß						
der westl. Strebepfeiler	58'	17,18	57'6"	17,03	— 6"	— 14
Achismaß						
der mittleren Arkade	18'6"	5,48	(18'6")	(5,48)		
Achismaß						
der seitlichen Arkaden	13'6"	4,00	(13'8")	(4,04)	+ 2"	+ 4
<b>Martinsgeschoß</b>						
Achismaß						
der westlichen Strebepfeiler	57'	16,88	(55')	(16,29)	— 2'	— 59
Breite der Strebepfeiler	9'6"	2,81	9"	(2,66)	— 6"	— 14
Achismaß des Pfostenwerks	11'10"	3,50	(11'4")	(3,35)	— 6"	— 14
Achismaß						
der Wendeltreppe	45'	13,33	(40'6")	(12,00)	— 4'6"	— 133
Achismaß des Blendmaß-						
werks an den Flanken						
der Strebepfeiler	7'4"	2,17	6'6"	1,92	— 10"	— 24
Ausladung der seitlichen						
Strebepfeiler, von der						
Achse der westl. Strebe-						
pfeiler aus gemessen	27'6"	8,14	(23'3")	(6,88)	— 4'3"	— 126

<sup>784</sup> KLAIBER 1909, S. 471 und 1911, S. 32. — FRIEDERICH 1962, S. 36.

	Vertikal					
Gesims in Höhe der Galerie des Glockengeschosses	142'	42,07	146'	43,28	+ 4'	+ 118
Blendmaßwerk						
Kämpferhöhe	124'	36,13	132'	39,04	+ 8''	+ 237
Blendmaßwerk						
Zwischengesims	89'	26,36	97'6''	28,89	+ 8'6''	297 +
Vorhalle First	66'9''	19,77	(75')	(22,15)	(+ 8'3'')	(+ 244)
Verhallte Traufe	52'	15,40	(60')	(17,75)	(+ 8')	(+ 237)
Blendmaßwerk Fußgesims	45'	13,33	51'3''	15,17	+ 6'3''	+ 185
Vorhalle FB	0,00	0,00	0,00	0,00	—	—

Aus anderen Gründen hatte Friederich gefolgert, als ernsthafter, für die Ausführung möglicher Entwurf komme Riß D nicht in Frage<sup>785</sup>. Die mangelnde Übereinstimmung von Riß- und Baumaßen — vor allem von Horizontalmaßen, die, im Martinsgeschoß bereits verwirklicht, im Glockengeschloß weiter zu führen wären — bestätigt dieses Urteil.

#### 4. Moritz Ensingers Riß B

Dieser wie gewohnt auf zusammengeklebte Pergamentblätter gezeichnete Riß hatte ein unglückliches Schicksal<sup>786</sup>.

Hassler, der 1864 als erster über den Bestand der Ulmer Risse berichtete, kannte von ihm nur ein einziges Blatt, auf dem ein „Stück aus der Pyramide des Thurms“ dargestellt war<sup>787</sup>. Dieses Blatt ließ sich in den folgenden Jahrzehnten nicht auffinden. 1931 kehrte es nach Ulm zurück<sup>788</sup>. Während des Zweiten Weltkrieges lag es mit anderen Rissen der Ulmer Hütte an einem sicheren Ort. Seitdem ist es verschollen. Erhalten blieb von ihm nur eine photographische Wiedergabe<sup>789</sup>, der Planmaße nicht zu entnehmen sind. Damit scheidet dieses Blatt aus unseren Überlegungen aus.

Die beiden ersten Blätter des Risses (Abb. 106), auf denen der Aufriß des Turmes vom Fuß bis knapp unter die Bläsergalerie dargestellt ist, sind Hassler unbekannt geblieben. Sie waren damals an einen Kunstfreund ausgeliehen, wurden aus dessen Nachlaß 1864 in München versteigert und kamen nach London ins Victoria and Albert-Museum<sup>790</sup>. Von diesem Fragment des Risses besitzt das Ulmer Münsterbauamt seit 1868 eine Durchzeichnung<sup>791</sup>.

<sup>785</sup> FRIEDERICH 1962, S. 37.

<sup>786</sup> Literatur: HASSLER 1864, S. 97. — PFLEIDERER 1905, Sp. 51 f. — KLAIBER 1911, S. 329. — FRIEDERICH 1962, S. 19. — Von der auf ¼ der Originalgröße reduzierten Kopie des Risses ließ Hassler 1859 eine Nachzeichnung in Maßstab 1:100 herstellen.

<sup>787</sup> HASSLER, 1864, S. 97.

<sup>788</sup> FRIEDERICH 1962, S. 20.

<sup>789</sup> Ebenda, Taf. 5.

<sup>790</sup> H. KLAIBER, Neues vom Ulmer Münster, in: Besondere Beilage des Staats-Anzeigers für Württemberg, Stuttgart, 31. August 1923, S. 130. — Der Direktion des Victoria and Albert-Museums habe ich für die freundliche Überlassung einer Fotografie dieses Fragments sehr zu danken.

<sup>791</sup> PFLEIDERER 1905, Sp. 51 f.

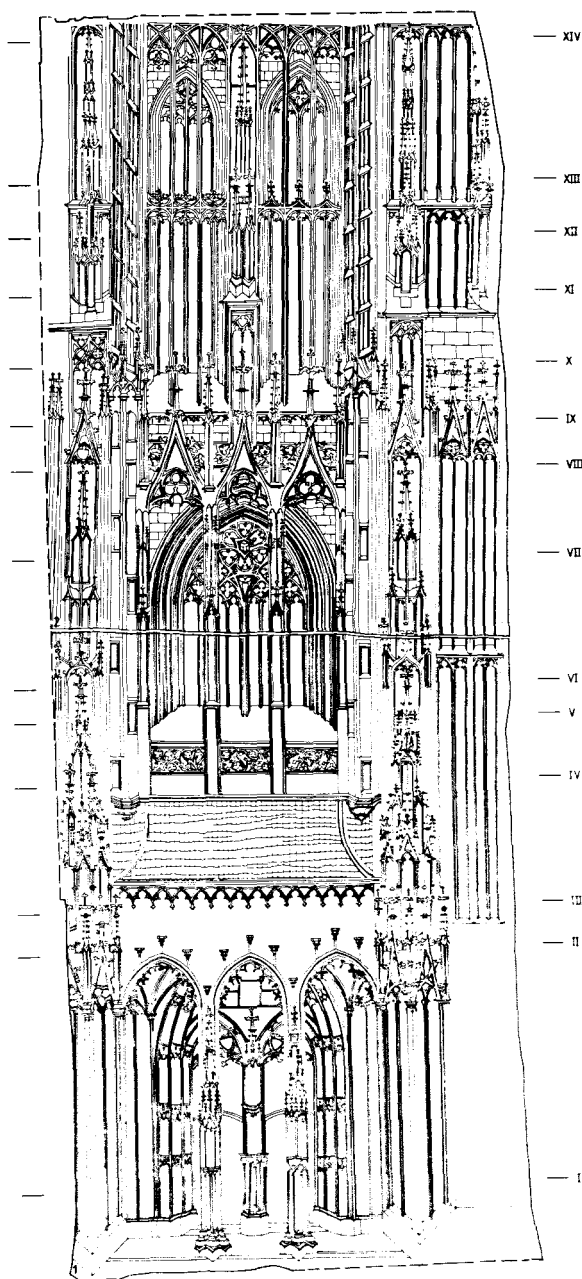


Abb. 106. Ulm Münsterurm Riß B.

Eine subtil gezeichnete Kopie des vollständigen Risses, zu Anfang des 16. Jh. in  $\frac{1}{4}$  der Originalgröße gefertigt, hat Hassler bei einem Antiquitätenhändler in Ulm erworben<sup>792</sup>. Auch diese Kopie wurde 1931 dem Münsterbauamt übergeben. Seit 1945 ist sie ebenfalls verschollen. Nur die beiden Tafeln, die Friedrich seinem Aufsatz beigegeben hat, geben von ihr noch eine Vorstellung<sup>793</sup>.

#### a) Die Maße des Risses

Der Versuch einen gotischen Riß zu lesen, mußte vom Ulmer Riß C ausgehen, da er als einziger Pergamentriß der Gotik über Maße in der Horizontalen — der Riß wurde gezeichnet, als der Bau längst begonnen war — und in der Vertikalen — dem Riß sind Koten beigegeben — Aufschluß geben kann. Der Ulmer Riß A konnte folgen, da er für vertikale Hauptmaße wenigstens Maßzahlen nennt. Der Ulmer Riß D bietet zwar keine Hilfestellung dieser Art, aber da er aufgezogen ist, bleibt den Schwindmaßen seines Pergaments nur ein geringer Spielraum; innerhalb dieses Spielraums, von der inzwischen gewonnenen Erfahrung unterstützt, die Maße des Risses festzustellen, konnte gelingen. Im nächsten Grad der Schwierigkeiten sei nun versucht, auch auf die Hilfe des Schwindmaßes, dieser Materialcharakteristik des Pergaments, zu verzichten, d. h. die Maße des Risses B nicht nach dem in London aufbewahrten Original des Vierorts, sondern nach der in Ulm liegenden Durchzeichnung zu ermitteln.

Diese Durchzeichnung ist mit der Reißfeder auf ein sehr dünnes Papier gezeichnet, das, über dem Pergament ausgebreitet, die originale Zeichnung durchscheinen ließ. Wer so vorging, durfte bei geringerem Aufwand ein zuverlässigeres Ergebnis erwarten, als mit einer noch so weit getriebenen Vermessung des Risses und dem nachfolgenden Auftragen einer Nachzeichnung zu erhoffen war.

Das dünne Papier der Durchzeichnung wurde auf einen Karton aufgezogen. Dabei hat sich das Papier gestreckt. Nun war das Schwinden des Pergaments überlagert vom Strecken des Papiers. Ob dieses Strecken ein geringeres oder ein größeres Ausmaß erreichte als das Schwinden des Pergaments ist unbekannt. Damit ist auch unbekannt, ob die aufgezeichnete Durchzeichnung wenig größer oder wenig kleiner ist als der Pergamentriß in seinem ursprünglichen, nicht geschwundenen Zustand.

Wie ein Vergleich mit photographischen Wiedergaben des Risses zeigt, ist die Durchzeichnung mit großer Sorgfalt hergestellt. Sie gibt das Original nicht in einer vereinfachten, irgendwie „idealisierten“ Form wieder, sondern hält sich auch in Zeichnungsgenauigkeiten an den Sachverhalt des Originals. Diese Zeichnungsgenauigkeiten bereiten der Auswertung einige Schwierigkeiten und machen Umwege unvermeidlich.

<sup>792</sup> FRIEDERICH 1962, S. 19.

<sup>793</sup> Eine summarische, in den Verhältnissen verfehlte Nachzeichnung des Risses — sie gelangte in die Landesgalerie zu Brunn. vgl. Foto Marburg 57.713 — diente als Vorlage für einen Kupferstich, der 1766 in Frick-Haffners Münsterbeschreibung aufgenommen wurde (FRIEDERICH 1962, S. 30).

## aa) Die horizontalen Maße

Zunächst wären wieder die Achsmaße der westlichen Strebepfeiler zu bestimmen. Dies könnte am einfachsten mit Hilfe einer „Leiter“ geschehen, als die sich der Bogenfries unter der Traufe der Vorhalle anbietet (Abb. 106). Dem Zeichner sind aber die Einheiten dieses Bogenfrieses ungleich geraten, auch scheint er die Einheiten links der Turmachse etwas größer angesetzt zu haben als rechts. Mit einer Leiter, deren Schrittmaß ungewiß ist, läßt sich jedoch nichts ausrichten. So ist der gewohnte Weg hier nicht gangbar.

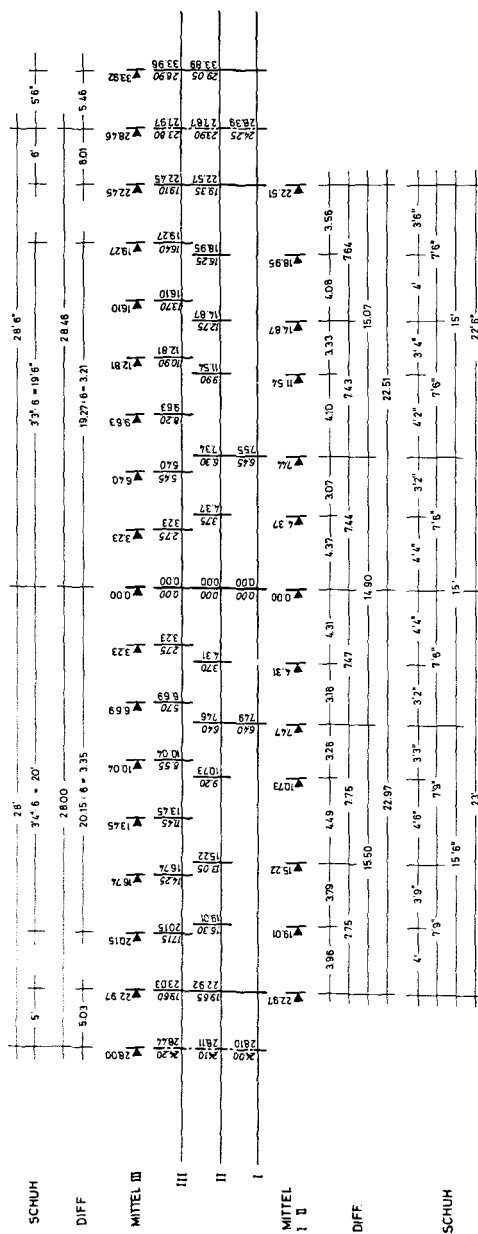
Aufmerksam geworden durch den Verdacht, der Bogenfries der Vorhalle sei beiderseits der Turmachse unterschiedlich dargestellt, findet man im Riß bald eine Anzahl offenkundiger Varianten<sup>794</sup>. Hier einige Beispiele: Im Vorhallengeschloß haben die Strebepfeiler zweierlei Blendmaßwerke erhalten; ihre bis in die Höhe des Martinsfensters aufsteigenden Fialtürme sind ungleich durchgebildet. Im Martinsgeschloß unterscheiden sich die Blendmaßwerke, welche die Stirnseite der westlichen Strebepfeiler decken, sowohl oberhalb der Sohlbankhöhe des Fensters, wie am Haupt des Geschosses. Dasselbe gilt für die Blendmaßwerke der beiden Strebepfeiler im Glockengeschloß, ebenso für die Maßwerkbrücke des Schleierwerks und für die Maßwerke der beiden Fenster. In diesem Geschloß ist zudem der linke Strebepfeiler nach innen, der rechte nach außen gerückt. Die beiden Treppengehäuse sind zwar gleich gebildet — beide haben achteckigen Querschnitt und stellen eine Flanke nach Westen —, stehen aber auf unterschiedlich geformten Konsolen.

Der Riß bietet demnach in allen Geschossen beiderseits der Turmachse Varianten. Sie unterscheiden sich im Formalen, sie unterscheiden sich genauso in den Maßen. Nur die beiden Freipfeiler der Vorhalle, die vier vor dem Martinsfenster stehenden Pfosten und die acht Stäbe des Schleierwerks, hinter dem sich die Fenster des Glockenturms öffnen, stehen mit ihren Achsen zur Turmachse symmetrisch.

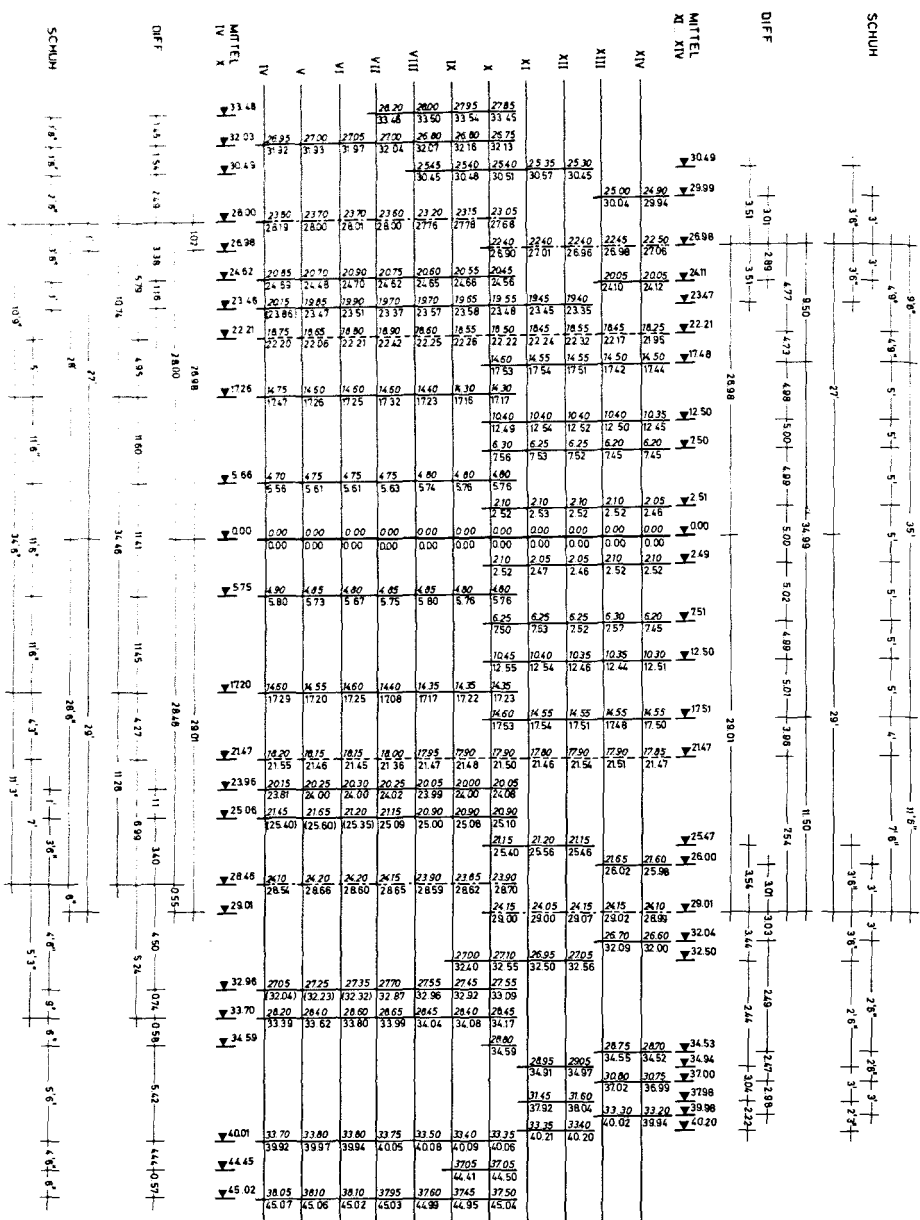
Der erste Versuch, die Achsmaße der westlichen Strebepfeiler zu bestimmen, ist an den durch Zeichnungengenauigkeiten verunklärten Maßvarianten des Bogenfrieses gescheitert. Nun ein zweiter Versuch, der so anzulegen ist, daß ihn die Zeichnungengenauigkeiten und die Varianten des Risses möglichst wenig behindern.

Das Pfostenwerk des Martinsgeschosses und das Schleierwerk des Glockengeschosses stehen, wie gesagt, zur Turmachse symmetrisch und haben einheitliche Achsmaße. Im Schnitt X sind das Pfostenwerk und das Schleierwerk erfaßt, dazu die beiden Achsmaße der Strebepfeiler. Das Achsmaß des Pfostenwerks mißt in diesem Schnitt je 9,55cm, das Achsmaß des Schleierwerks je 4,17cm, das erste Achsmaß der Strebepfeiler links der Turmachse 23,05, rechts 23,90 cm, das zweite

<sup>794</sup> Solche Varianten hat bereits FRIEDERICH (1962, S. 27) gesehen.



Ulm, Münster, Riß B, Rechenschema 1





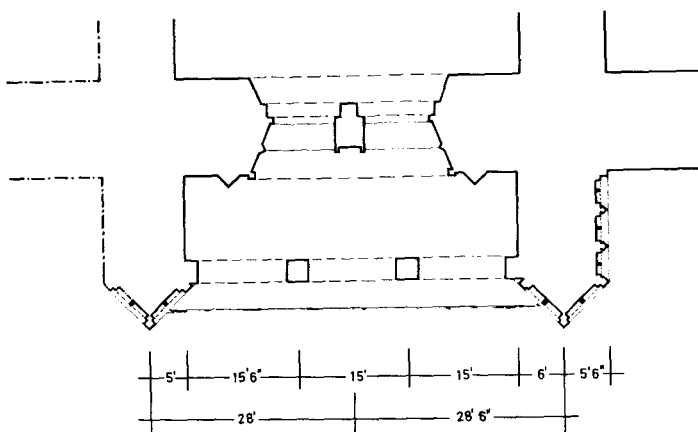


Abb. 107. Ulm Münsterturn Riß B, schematischer Grundriß des Vorhallengeschosses.

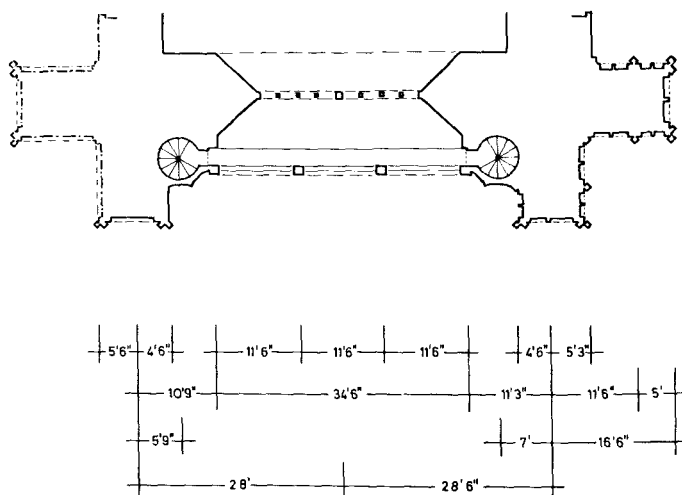


Abb. 108. Ulm Münsterturn Riß B, schematischer Grundriß des Martinsgeschosses.

Achsmaß der Strebepfeiler ebenso 22,40 bzw. 24,15 cm. Setzen wir nun das Achsmaß des Schleierwerks einer hypothetischen Maßzahl gleich — dieses kleinste der genannten Planmaße hat in 7 aufeinander folgenden Schritten dieselbe Größe, bietet also die Vorteile einer „Leiter“ — erhalten wir in diesem Verhältnis von Planmaß und Maßzahl auch für die weiteren Planmaße die entsprechenden,

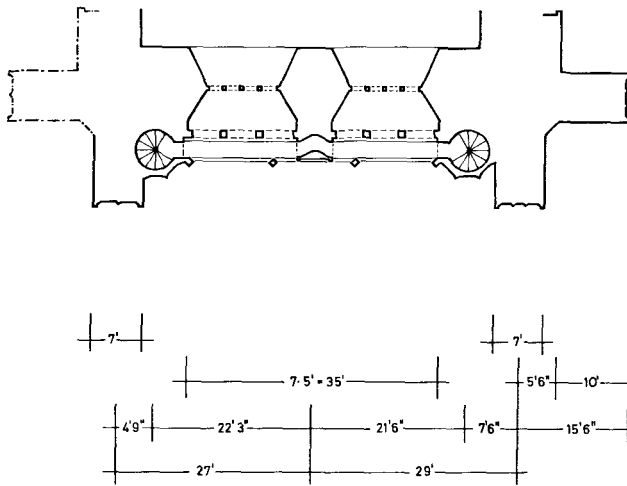


Abb. 109. Ulm Münstersturm Riß B, schematischer Grundriß des Glockengeschosses (1. Partie).

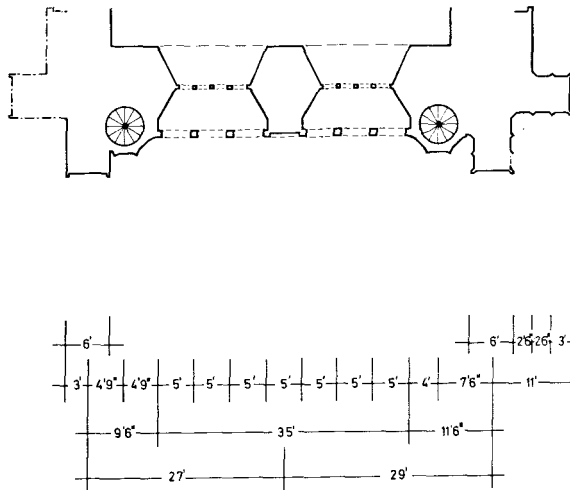


Abb. 110. Ulm Münstersturm Riß B, schematischer Grundriß des Glockengeschosses (3. Partie).

ebenfalls hypothetischen Maßzahlen. Die Maßzahlen der Strebenachsen sind allerdings nur sinnvoll in einer Größenordnung, die mit den übrigen Turmrissen und mit dem Bauwerk vorgegeben ist. Die Anzahl hypothetischer Maßzahlen, die sich dem kleinsten Planmaß zuschreiben lassen, ist damit auf einige wenige beschränkt.

Schleierwerk Achismaß	Pfostenwerk Achismaß	Strebe Pfeiler	
		erstes Achismaß	zweites Achismaß
4'11"	11,25'	55,35	54,88'
5'	11,45'	56,29'	55,81'
5'1"	11,64'	57,23'	56,74'
5'2"	11,83'	58,17'	57,67'
5'3"	12,02'	59,10'	58,60'

Das Ergebnis dieses ersten Schrittes: Das Achismaß des Schleierwerks liegt in der Größenordnung 4'11" ... 5'3", entsprechend das Achismaß des Pfostenwerks in der Größenordnung 11,25' ... 12,02'.

Mehr als diese Größenordnungen vermag der Schnitt X, auf den sich dieser erste Schritt stützte, nicht zu liefern, denn in diesem einen Schnitt lassen sich die Zeichen- und Meßungenauigkeiten des Schleier- und Pfostenwerks durch Ausmitteln nur zum kleinen Teil, die der Strebeachsen, für die jeweils nur ein Meßwert bekannt ist, auf keine Weise reduzieren.

Im nächsten Schritt wäre zu versuchen, diese Störgrößen soweit als möglich auszuschalten. Das Achismaß des Schleierwerks samt dem zweiten Achismaß der Strebe Pfeiler müßte daher aus den Schnitten X ... XIV, das Achismaß des Pfostenwerks samt dem ersten Achismaß der Strebe Pfeiler aus den Schnitten IV ... X hervorgehen.

Aus den analogen Meßwerten dieser Schnitte algebraische Mittel zu bilden, wäre nicht sinnvoll, denn die Schwindmaße der einzelnen Schnitte haben verschiedene Größe. Also ist, wie gewohnt, für ein möglichst großes Planmaß — hier die Summe der 7 Einheiten des Schleierwerks bzw. die Summe der 3 Einheiten des Pfostenwerks — in jedem Schnitt eine Maßzahl einzuführen, aus diesem Verhältnis von Planmaß und Maßzahl sind die Planmaße der Strebenachsen in Maßzahlen zu übersetzen und erst aus diesen Maßzahlen ist jeweils das Mittel zu ziehen.

Für das Achismaß des Schleierwerks, von dem aus genannten Gründen auszugehen wäre, ist bisher nur die Größenordnung bekannt, d. h. von seinen fünf zwischen 4'11" und 5'3" liegenden Werten ist bisher keiner als zutreffend oder unzutreffend erwiesen. Von allen fünf Werten ausgehend ist daher die Berechnung durchzuführen. Ihr Ergebnis:

Schleierwerk		Pfostenwerk		Strebe Pfeiler ab Turmachse			
				erstes Achismaß		zweites Achismaß	
Achismaß	Gesamt	Achismaß	Gesamt	links	rechts	links	rechts
4'11"	34'5"	11,29'	33,89'	27,45'	28,14'	26,53'	28,53'
5'	35'	11,49'	34,17'	27,91'	28,61'	26,98'	29,01'
5'1"	35'7"	11,68'	35,04'	28,38'	29,09'	27,43'	29,49'
5'2"	36'2"	11,87'	35,62'	28,84'	29,57'	27,88'	29,98'
5'3"	36'9"	12,06'	36,19'	29,31'	30,04'	28,33'	30,46'

In diesem dritten Rechengang wurden die Störgrößen verringert, aber keineswegs beseitigt. So sind die hier genannten Werte noch immer verstimmt und sind

daher nicht ohne Vorbehalt zu verstehen. Immerhin scheint sich abzuzeichnen: Gibt man dem Achsmaß des Schleierwerks 5', erhält man für die weiteren Planmaße Werte, die einfachen Maßzahlen nahe kommen: Die gesamte Breite des Schleierwerks 35', das Achsmaß des Pfostenwerks 11,49'  $\approx$  11'6'', das Gesamtmaß des Pfostenwerks 34,47'  $\approx$  34'6'', das erste Achsmaß der Strebepeiler links 27,91'  $\approx$  28', ebenso rechts 28,61'  $\approx$  28'6'', das zweite Achsmaß der Strebepeiler links 26,98'  $\approx$  27', ebenso rechts 29,01'  $\approx$  29'. An Hand dieser Gegenüberstellung der fünf Möglichkeiten so oder anders eine Entscheidung zu treffen, wäre jedoch verfrüht.

Die diesen fünf Möglichkeiten entsprechenden (mittleren) faktischen Maßstäbe helfen nicht weiter. Sie weisen zwar auf den Zeichenmaßstab des Risses (1:36), die zugehörigen (mittleren) Schwindmaße liefern aber kein entscheidendes Kriterium, da sie nur bestätigen, was zu vermuten war: Das dünne Papier der Durchzeichnung hat sich beim Aufziehen soweit gestreckt, daß das Schwinden des Pergaments in etwa wettgemacht ist:

## Schleierwerk

Achsmaß	Faktischer Maßstab	Schwindmaß
4'11''	1:35,03	— 2,7% (Dehnung)
5'	35,62	— 1,4
5'1''	36,22	+ 0,6 (Schwind)
5'2''	36,81	+ 2,2
5'3''	37,41	+ 3,7

Nun der dritte Schritt: Ein Vergleich der in der vorigen Tabelle genannten Maßzahlen weckte den Verdacht, die aus einem 5' großen Achsmaß des Schleierwerks abgeleiteten Maße seien die zutreffenden. Den Verdacht — mehr einstweilen nicht. Dieser Verdacht läßt sich erhärten — oder als irrig erweisen, — sobald man den hypothetischen Maßzahlen des Schleierwerks nicht nur diese sieben, sondern möglichst viele, am besten sämtliche horizontalen Planmaße des Risses gegenüberstellt. Für alle fünf Möglichkeiten wäre also nach dem üblichen Schema vorzugehen.

Wer diese Rechenschemata aufzustellen versucht, macht die Erfahrung, daß die von 4'11'', 5'1'', 5'2'' und 5'3'' ausgehenden Berechnungen früher oder später eindeutig in einer Sackgasse enden, während die von 5' ausgehende Berechnung für alle Horizontalmaße des Risses vergleichsweise einfache Maßzahlen liefert.

Aus diesen von 5' ausgehenden, hier wiedergegebenen Rechenschemata 1 und 2<sup>795</sup> — die Ergebnisse sind auch dieses Mal in schematische Grundrisse (Abb. 107 bis 110) übertragen — geht hervor:

<sup>795</sup> Da der Riß in allen drei Geschossen Varianten bietet, ist der Nullwert der Maßzahlen nicht wie bisher in die Achse des linken Strebepeilers, sondern in die Turmachse gelegt. In der Absicht, den Einfluß der Zeichen- und Meßungenauigkeit möglichst gering zu halten, wurde das Verhältnis von Planmaß und Maßzahl, woraus die weiteren Maßzahlen hervorgehen, zunächst für die Summe der Einheiten des Schleierwerks bzw. des Pfostenwerks festgestellt, dann auf die Achsmaße der Strebepeiler ausgedehnt und schließlich in jedem Schnitt auf das größte Planmaß bezogen, das der Riß anbietet. — Stark abweichende und deswegen in der Auswertung nicht verwertbare Schuhzahlen sind im Rechenschema 2 in Klammern gesetzt.

Das erste Achsmaß der westlichen Strebepfeiler mißt  $28' + 28'6'' = 56'6''$ . Am Fuß des Glockengeschosses ist die Achse des linken Strebepfeilers um  $1'$  eingerückt, die des rechten Strebepfeilers um  $6''$  nach außen versetzt; das zweite Achsmaß lautet demnach  $27' + 29' = 56'$ .

Im Vorhallengeschoß (Abb. 107) mißt der linke Strebepfeiler in seiner inneren Hälfte  $5'$ , der rechte  $6' + 5'6'' = 11'6''$ . Die mittlere,  $15'$  breite Arkade der Vorhalle steht in der Turmachse. Die rechte Arkade mißt ebenfalls  $15'$ , die linke  $15'6''$ . Über den Archivolten der Vorhalle stehen Konsolen. Sie teilen diese Achsmaße in vier paarweise gleichgroße Abschnitte. Über der mittleren Archivolte stehen diese Konsolen nach Augenschein harmonisch. Über der rechten Archivolte ist die erste Konsole durch einen Zeichenfehler zu weit nach oben gerückt. Sehen wir von den beiden an diese Konsole anschließenden Teilmaßen ab, erhalten wir für die äußeren Teilmaße im Mittel  $3,26' \approx 3'3''$ , für die inneren  $4,26' \approx 4'3''$  ( $3'3'' + 4'3'' + 4'3'' + 3'3'' = 15'$ ). Über der linken Archivolte ist die erste Konsole durch Zeichenfehler ebenfalls zu weit nach oben gerückt. Über dem rechten Schenkel dieser Archivolte lautet das innere Teilmaß  $4,49' \approx 4'6''$ , das äußere  $3,24' \approx 3'3''$  ( $3'3'' + 4'6'' + 4'6'' + 3'3'' = 15'6''$ ).

Im Martinsgeschoß (Abb. 108) setzen die beiden Wendeltreppen ein. Die Achse der rechten Wendeltreppe ist von der Turmachse  $21'6''$ , die der linken Wendeltreppe  $22'3''$  entfernt.

Im Martinsgeschoß mißt die Stirnseite des nördlichen Strebepfeilers  $5'6'' + 4'6'' = 10'$ , die des südlichen Strebepfeilers  $5'3'' + 4'6'' = 9'9''$ ; die Achsmaße des Pfostenwerks messen  $3'11'6'' = 34'6''$ , die Ausladung des nach Süden schauenden Strebepfeilers  $16'6''^{796}$ , die Ausladung dieses Strebepfeilers  $6'3''$  und  $5'$ .

Im Glockengeschoß (Abb. 109), in Höhe des Schnittes X, messen die Stirnseiten der Strebepfeiler  $7'$ ; das Schleierwerk mißt  $7'5' = 35'$ , die Ausladung des seitlichen Strebepfeilers  $15'6''$ . Die Breite des Blendmaßwerks in der nächsten Partie beträgt  $2'6''$ ,  $3'$  und  $2'3''$ . In Höhe der Schnitte XIII und XIV (Abb. 110)<sup>796a</sup> messen die Stirnseiten der Strebepfeiler  $6'$ ; das Schleierwerk wie unten  $35'$ , die Ausladung des seitlichen Strebepfeilers  $11'$ , dessen Blendmaßwerk  $2'6''$  und  $3'$ .

Kehren wir zum Schluß mit der Frage, weshalb der erste Versuch der Maßbestimmung fehlgeschlagen sei, auf den Ausgangspunkt zurück.

Versucht war, aus dem als „Leiter“ benützten Fries der Vorhalle das erste Achsmaß der westlichen Strebepfeiler abzuleiten. Inzwischen ist dieses Achsmaß bekannt und aus ihm die Maßzahlen der Einheiten des Frieses zu bestimmen,

<sup>796</sup> Im Vorhallengeschoß ist die Außenkante des seitlichen Strebepfeilers in die Durchzeichnung des Münsterbauamtes versehentlich nicht aufgenommen.

<sup>796a</sup> Die übrigen Risse geben das Glockengeschoß in symmetrischem Aufbau. So war möglich, den schematischen Grundriß dieses Geschosses jeweils hälftig in verschiedenen Höhen anzugeben. Der Riß B bietet das Glockengeschoß dagegen in zwei Varianten. Um auch hier in verschiedenen Höhen schneiden zu können, war ein weiterer Grundriß nötig.

macht keine Schwierigkeit. Das Ergebnis: Links der Turmachse lassen sich die Einheiten des Frieses mit einer Ungenauigkeit von  $\pm 1$  mm auf 3'4" zurückführen, rechts der Turmachse mit einer Ungenauigkeit von  $\pm 0,6$  mm auf 3'3".

Dies bedeutet: Auch dieser Fries ist beiderseits der Turmachse in Varianten angegeben. Dies bedeutet vor allem: Den Versuch einer Maßbestimmung scheitern zu lassen, hatten diese vergleichsweise geringen Ungenauigkeiten bereits genügt.

#### bb) Die vertikalen Maße

Einer Ermittlung der vertikalen Maße setzt der Riß zwei Hindernisse entgegen:

1. Ähnlich wie im Riß D ist die Fußhöhe des Turmes nicht mit einer horizontalen Standlinie angegeben, vielmehr ist der Fußboden der Vorhalle in schräger Draufsicht gezeichnet, was zur Folge hat, daß auch die beiden Freipfeiler der Vorhalle samt den Stirnseiten der westlichen Strebepfeiler nach „vorne“ gerückt sind. Dementsprechend ist das Zurückliegen des seitlichen Strebepfeilers durch Anheben seiner Fußlinie angedeutet.

Von einer perspektivischen Darstellung im modernen Sinn ist nicht die Rede. Auch hier handelt es sich um eine Umklappung, die erwarten läßt, eine der in der Fußregion des Turmes gezogenen Horizontalen habe als Standlinie zu gelten. Aber welche?

2. Auf dem zweiten Blatt endet der Riß im Glockengeschosß unmittelbar über den Bogenschlüssen des Schleierwerks. Die Fußbodenhöhe der Bläsergalerie, auf die sich die vertikalen Hauptmaße auch hier beziehen werden, ist nach Auskunft der anderen Turmrisse, auch nach Auskunft des Bauwerks, etwa 1,2 cm (etwa 1'6") oberhalb der Bogenscheitel zu suchen.

Diesen Hindernissen stehen zwei Anhaltspunkte gegenüber, von denen die Ermittlung der vertikalen Maße ausgehen kann:

1. Der Zeichenmaßstab des Risses ist 1:36.

2. Das horizontale Schwindmaß der Durchzeichnung macht durchschnittlich 2‰ Dehnung aus. Da die Schwindmaße in den beiden Hauptrichtungen eines Blattes im Regelfall nicht allzu weit voneinander abweichen, ist zu erwarten, das vertikale Schwindmaß sei nur wenig kleiner oder wenig größer als der genannte, an sich schon geringere Wert.

Nicht von einer hypothetischen Standlinie des Risses, auch nicht von der Fußbodenhöhe der Bläsergalerie, sondern von vertikalen Teilmaßen ausgehend wird man nun versuchen müssen, auf die Turmachse projizierte Planmaße innerhalb des einen und innerhalb des anderen Blattes jeweils mit einem konstanten, von  $-2\%$  im Positiven oder Negativen wenig abweichenden Schwindmaß in „vernünftige“ Maßzahlen zu übersetzen.

	ZENTIMETER		ULMER		SCHUM	
	RISS	BLATT	BLATT	RISS		
BLATT 2	(BLASERGALERIE FB)	(177.55)	(86.55)	(101.48)	(209.97)	(210')
	SCHLEIERWERK BOGENRÜCKEN	178.30	85.30	100.00	208.51	208'6"
	SCHLEIERWERK KÄMPFER	174.15	83.15	97.47	205.98	206'
	FENSTER LINKS KÄMPFER	161.85	70.85	83.05	191.58	191'6"
	FENSTER RECHTS KÄMPFER	161.35	70.35	82.47	190.98	191'
	BRÜCKE UND GESIMS	149.25	58.25	68.28	176.79	176'9"
	MITTELTEIL GESIMS	135.75	44.75	52.48	160.97	161'
	STREBEPEILER GESIMS	134.05	43.05	50.46	158.97	159'
	FENSTER SOHLBANK OK	125.15	34.15	40.03	148.54	148'6"
	BOGENFRIES OK	119.60	28.60	33.52	142.03	142'
	VIERORT GALERIE II BRÜSTUNG OK	114.90	23.90	28.01	136.52	136'6"
	STREBEPEILER MASSWERKKÄMPFER	112.35	21.35	25.02	133.53	133'6"
	VIERORT GALERIE II FB	111.05	20.05	23.50	132.01	132'
	FENSTER KÄMPFER	91.00	0.00	0.00	108.51	108'6"
	BLATTTRAND	87.50	3.50 + 3.70	4.10	4.47	
	BLATT 1	GESIMS	83.80	83.80	100.00	100.00
FENSTER SOHLBANK OK		77.00	77.00	91.92	91.92	92'
VIERORT GALERIE I BRÜSTUNG OK		72.00	72.00	85.95	85.95	86'
VIERORT GALERIE I FB		67.00	67.00	79.98	79.98	80'
VORHALLE FIRST OK		64.05	64.05	76.46	76.46	76'6"
VORHALLE TRAUFE OK		51.15	51.15	61.06	61.06	61'
SCHRÄGE UK		44.05	44.05	52.58	52.58	52'6"
FIGUREN KONSOLE OK		43.80	43.80	52.29	52.29	52'3"
FIGUREN KONSOLE OK		42.10	42.10	50.26	50.26	50'3"
ARCHIVOLTE KÄMPFER		33.50	33.50	39.99	39.99	40'
STREBEPEILER MASSWERKKÄMPFER	33.05	33.05	39.46	39.46	39'6"	
STREBEPEILER 'STANDLINIE'	3.00	3.00	3.58	3.58	3'6"	
PORTALWAND SOCKEL UK	0.00	0.00	0.00	0.00		

Ulm, Münsterturm, Riß B, Rechenschema 3

Solchen Maßzahlen bietet das Schwindmaß nur einen geringen Spielraum. Nach einigen Versuchen bieten sich für die Teilmaße Maßzahlen an — sie sind im Rechenschema 3 genannt — deren Summe ein rundes Gesamtmaß ergibt, sobald 1. die Fußlinie der rückwärtigen Vorhallenmauer — sie liegt mit den Fronten der folgenden Geschosse in einer Ebene — als Standlinie angesehen und 2. die Fußbodenhöhe der Bläsergalerie, wie vorauszusehen, 1,25 cm (1'6") oberhalb der genannten Bogenrücken angenommen wird.

Auf diese Fußlinie bezogen lauten die hauptsächlichen Höhen des Vierorts: Die Kämpferhöhe der Vorhalle 40', die Traufhöhe der Vorhalle 61', die Fußbodenhöhe der ersten Galerie 80', die Teilung des Blendmaßwerks an der Flanke des seitlichen Strebepfeilers 100', die Fußbodenhöhe der zweiten Galerie 132', die Kämpferhöhe des Schleierwerks 206', die Fußbodenhöhe der Bläsergalerie 210'.

An diesem Ergebnis haftet ein Mangel: „Vernünftige“ Maßzahlen mögen einleuchten, aber dadurch allein sind sie nicht als zutreffend erwiesen.

Zudem sind diese Maße auf den Vierort beschränkt und reichen nicht in den Achtort und in den Helm des Risses hinauf.

Hier kann die Kopie des Risses B, obwohl sie verloren ging, auf einem Umweg zu Hilfe kommen.

Münsterbaumeister Friederich hat die vertikalen Maße des Vierorts nach der Durchzeichnung bestimmt. Wie er dabei vorging, ist zwei Notizen zu entnehmen, die er der Durchzeichnung samt seinem Signum hinzugefügt hat. Die eine nennt das Achsmaß der westlichen Strebepfeiler im Vorhallengeschoß „a = 47,9“ cm. Die andere — sie bezieht sich auf eine 3,00cm oberhalb der Fußlinie der rückwärtigen Vorhallenmauer nachgetragene Horizontale — lautet „Ok Kirchenboden, wenn a = 17,046 m“. Friederich hat demnach das Achsmaß des Bauwerks dem entsprechenden Planmaß des Risses gleichgesetzt<sup>797</sup>, hat in diesem Verhältnis die vertikalen Planmaße des Risses in Meter umgerechnet und hat diese Höhen auf die in der Durchzeichnung von ihm als „Ok Kirchenboden“ bezeichnete Höhe bezogen.

Dieses Vorgehen beruht auf drei Voraussetzungen: 1. Für das erste Achsmaß der Strebepfeiler sei im Riß dasselbe Maß vorgesehen, das am Bau verwirklicht wurde. Das Achsmaß des Risses lautet 56'6" (16,73 m), das des Bauwerks 57'6" (17,04 m). — 2. Ein in der Horizontalen festgestelltes Verhältnis von Planmaß (cm) und Maß (Schuh) sei auch in der Vertikalen gültig. Das horizontale Schwindmaß eines Blattes ist jedoch mit dem vertikalen Schwindmaß dieses und der folgenden Blätter eines Risses nicht identisch. — 3. Die Höhen seien nicht auf die Fußlinie des Turmes, sondern auf einen 3,00 cm (im faktischen Maßstab 1:36,65 entsprechend 3,71') höher liegenden „Kirchenboden“ zu beziehen.

<sup>797</sup> FRIEDERICH 1962, S. 38: Achsenentfernung der Strebepfeiler 17,064 m in Riß B und am Bau übereinstimmend.



Von diesen Voraussetzungen ist keine zutreffend. So nimmt nicht Wunder, daß die Höhen, die Friederich für die Vierortgeschosse des Risses nannte, mit den hier genannten Höhen nicht übereinstimmen.

Friederich nannte auch Höhen für den Achtort, für den Helm und für die auf der Helmspitze stehende Madonna<sup>798</sup>. Diese Höhen, die nur aus den Planmaßen der Kopie B abgeleitet sein können, sind vermutlich — und diese Vermutung wird sich bestätigen — ebenfalls unter den genannten Voraussetzungen gewonnen. So ist möglich, die von Friederich genannten Meterzahlen auf die verlorene Kopie B in Schuh zurückzurechnen.

Die folgende Tabelle gibt in der Spalte I die von Friederich genannten Meterzahlen, in der folgenden Spalte die entsprechenden Werte in Schuh. In der Spalte III sind diese Werte im Verhältnis 57'6":56'6" auf das erste Achsmaß des Risses B reduziert und in der nächsten Spalte, um 3,71' vergrößert, auf die Fußlinie des Risses bezogen. Von diesen aus der Kopie B abgeleiteten Höhen unterscheiden sich die aus der Durchzeichnung B abgeleiteten Höhen (Spalte V) nur wenig; immerhin sind sie um durchschnittlich 0,8% größer als die Werte der Spalte IV. Diese Abweichung hat ihre Ursache offenbar darin, daß die aus der Kopie B abgeleiteten Werte (Spalte IV) noch auf der Voraussetzung fußen, das horizontale Schwindmaß eines Blattes sei den vertikalen Schwindmaßen aller Blätter eines Risses gleich. Reduzieren wir daher die Werte der Spalte IV um 0,8%, stellen sich Maßzahlen ein (Spalte VI), die auch für den Achtort, den Helm und die Madonna des Risses B auf zumeist runde Maßzahlen hinauslaufen<sup>799</sup>.

	I	II	III	IV	V	VI
Madonna OK	149,73 m	505,4'	496,6'	500,3'		496,3'
Helm OK	144,20	486,7'	478,3'	481,9'		478,0'
Achtort 2. Geschoß OK	105,08	354,7'	348,5'	352,2'		349,3'
1. Geschoß OK	84,72	286,0'	281,0'	284,6'		282,3'
Vierort Bläsergalerie FB	62,70	211,6'	208,0'	211,6'	210'	209,9'
Glockengeschöß Maßwerkbrücke	52,50	177,2'	174,1'	177,8'	176,9'	176,3'
2. Galerie FB	38,80	131,0'	128,7'	132,3'	132'	131,2'
Vorhalle Traufe OK	17,63	59,5'	58,5'	62,1'	61'	61,6

Daraus die Folgerungen:

1. Für die Höhen des Vierorts stehen Werte zur Verfügung, von denen die einen aus der Durchzeichnung B abgeleitet, die anderen aus Meterzahlen auf die Kopie B zurückgerechnet sind. Die auf beiden Wegen gewonnenen Höhen sind miteinander nahezu identisch, was bedeutet: sie stützen und bestätigen sich<sup>800</sup>.

<sup>798</sup> Ebenda.

<sup>799</sup> Die verbleibenden Differenzen können in der Zeichnungsgenauigkeit und den blattweise verschiedenen Schwindmaßen sowohl der verlorenen Teile des Originals wie der verlorengegangenen Kopie begründet sein.

<sup>800</sup> In diese Feststellung ist als Voraussetzung eingeschlossen, die Kopie B gebe die Vertikalmaße des Vierorts zutreffend wieder. FRIEDERICH (1962, S. 30) teilte dagegen mit, es nähmen „die Höhen in Kopie B, verglichen mit einem Foto vom Londoner Viereck, konstant ab ...“. Diese Art der Maßabnahme ist bezeichnend für fotografische Wiedergaben, sobald die lichtempfindliche Schicht während der Aufnahme mit dem Reiß nicht vollkommen parallel liegt.

2. Sind aber die für die Kopie B zurückgerechneten Höhen im Vierort innerhalb eines geringen Spielraumes zutreffend, dürfte für die im Oberbau nach der Kopie B auf dem gleichen Wege ermittelten Höhen ein Gleiches gelten. So wäre zu vermuten:

Madonna OK	496'
Helm OK	480'
Achtort 2. Geschoß OK	350'
1. Geschoß OK	283'
Vierort Bläsergalerie FB	210'

Diese Vermutung findet im originalen Riß eine Bestätigung: Der Spalte VI ist als Höhe des zweiten Achtortgeschosses  $349,3' - 282,3' = 67'$  zu entnehmen. Das verloren gegangene Einzelblatt des Risses B<sup>789</sup> trug links in Höhe der zweiten Achtortgalerie die bisher nicht beachtete Maßzahl „c 67“.

#### cc) Die Schwindmaße

Aus genannten Gründen war die Untersuchung der beiden ersten Blätter des Risses B nicht vom Pergament, sondern von der Durchzeichnung ausgegangen. So ist hier von den Schwindmaßen der Durchzeichnung zu reden.

Das dünne Papier hat sich gestreckt, als es aufgezogen wurde. Der in die Durchzeichnung zunächst eingegangene Schwund des Pergaments wurde mit dieser Streckung des Papiers mehr als ausgeglichen, d. h. die aufgezogene Durchzeichnung ist geringfügig größer als der Riß in seinem ursprünglichen Zustand.

Über das Verhalten der Pergamentblätter geben die Schwindmaße der Durchzeichnung nur einen verunklärten Aufschluß. Immerhin ist die Charakteristik des Pergamentschwundes erhalten geblieben (Abb. 111): Die horizontalen Schwindmaße nehmen in beiden Blättern nach oben zu, die vertikalen Schwindmaße werden im ersten Blatt nach rechts kleiner, im zweiten Blatt, wie es scheint, größer.

Eine Krümmung der Turmachse ist in der Durchzeichnung nicht festzustellen.

#### b) Die Maße des Risses im Vergleich zu den Maßen des Bauwerks

In allen drei Geschossen des Vierorts bietet der Riß B beiderseits der Turmachse Varianten, die sich in der formalen Durchbildung ebenso wie in den horizontalen Maßen unterscheiden und lediglich in den vertikalen Maßen übereinstimmen.

Wir stellen einige Hauptmaße des Risses B den entsprechenden Baumaßen gegenüber:

	Horizontal Riß		Bau		Diff.	
	ß	m	ß	m	ß	cm
<b>Vorhallengeschoß Mitte</b>						
Achsmaß						
der mittleren Arkade	15'	4,44	(18'6")	(5.49)	+ (3'6")	— (103)

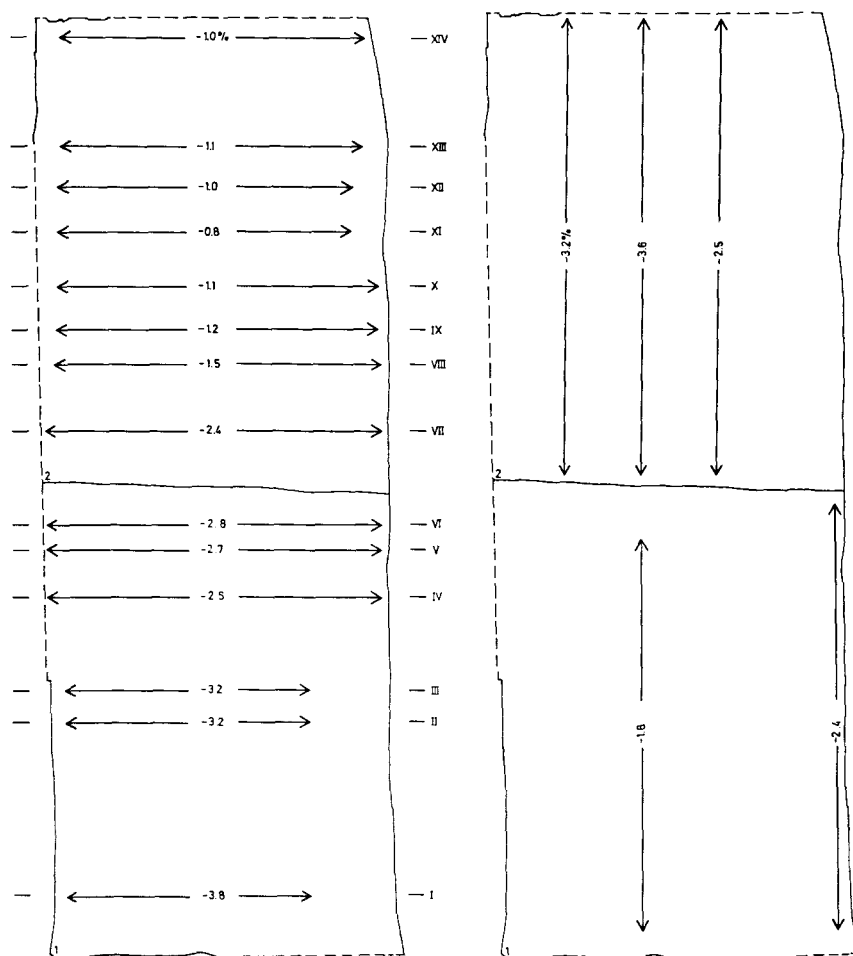


Abb. 111. Ulm Münstersturm Riß B, Schwindmaße.

**Vorhallengeschoß links**

Achismaß

des westl. Strebebeylers	28'	8,29	28'9"	8,53	+	9"	+	22
Achismaß der linken Arkade	15'6"	4,59	(13'8")	(4,04)	-	(2'10")	-	(83)

**Vorhallengeschoß rechts**

Achismaß

des westl. Strebebeylers	28'6"	8,44	28'9"	8,53	+	(3")	+	(7)
Achismaß der rechten Arkade	15'	4,44	(13'8")	(4,04)	-	(1'4")	-	(39)

	Riß		Bau		Diff.	
	ß	m	ß	m	ß	cm
Breite des Strebepeilers, in den Achsen der Blend- peilerchen gemessen	11'6''	3,41	(11'8'')	(3,46)	+	(2'') + (5)

**Martinsgeschoß Mitte**

Achismaß des Pfostenwerks	11'6''	3,41	(11'4'')	(3,36)	—	(2'') — (5)
---------------------------	--------	------	----------	--------	---	-------------

**Martinsgeschoß links**

Achismaß des westl. Strebepeilers	28'	8,29	27'6''	8,14	—	6'' — 14
Breite des Strebepeilers	10'	2,96	(9')	(2,65)	—	(1') — 29

**Martinsgeschoß rechts**

Achismaß des westl. Strebepeilers	28'6''	8,44	27'6''	8,14	—	1' — 29
Breite des Strebepeilers	10'	2,96	(9')	(2,65)	—	(1') — 29
Achismaß der Wendeltreppe	21'6''	6,36	(20'3'')	(6,01)	—	(1'3'') — (37)
Achismaß des Blendmaß- werks von der Flanke des südlichen Strebepeilers	5'	1,48	6'6''	1,92	+	1'6'' + 44

**Glockengeschoß Mitte**

Achismaß des Schleierwerks	5'	1,48	(4'10'')	(1,43)	—	(4'') — (4)
----------------------------	----	------	----------	--------	---	-------------

**Glockengeschoß links**

Achismaß des westl. Strebepeilers	27'	7,99	27'9''	8,22	+	9'' + 22
Breite des Strebepeilers	7'	2,07	(5'8'')		—	(1'4'') — 39

**Glockengeschoß rechts**

Achismaß des westl. Strebepeilers	29'	8,59	27'9''	8,22	—	1'3'' — 37
Breite des Strebepeilers	7'	2,07	(5'8'')		—	(1'4'') — 39
Achismaß der Wendeltreppe	21'6''	6,36	(21'3'')	(6,29)	—	(3'') — (7)

## Vertikal

Bläsergalerie FB	(210')	(62,21)	235'	69,61	+	(25') + (740)
Blendmaßwerk Brücke	176'9''	52,36	204'	60,41	+	27'3'' + 807
Gesims in Drittelshöhe der Fenster des Glocken- geschosses	161'	47,69	183'	54,23	+	22' + 651

Gesims in Sohlbankhöhe der Fenster des Glocken- geschosses	Vertikal					
Blendmaßwerk	142'	42,06	166'	49,22	+ 24'	+ 711
Kämpferhöhe	133'6"	39,54	132'	39,04	— 1'6"	— 44
Blendmaßwerk						
Zwischengesims	100'	29,62	97'6"	28,89	— 2'6"	— 74
Vorhalle First	76'6"	22,66	(75')	(22,15)	— (1'6")	— (44)
Vorhalle Traufe	61'	18,07	(60')	(17,75)	— (1')	— (29)
Blendmaßwerk Fußgesims	52'6"	15,55	51'3"	15,17	— (1'3")	— (37)
Vorhalle FB	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	—

Unter den horizontalen Maßen sind die Achsmaße der Strebepfeiler die wichtigsten, da von ihnen die horizontalen Teilmaße abhängen. Für sie sieht der Riß B vom Bau abweichend vor:

$$\begin{array}{lcl}
 \text{erstes Achsmaß links } 28' \cdot 2 = 56' & \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} & \text{am Bau } 57'6'' \\
 \text{rechts } 28'6'' \cdot 2 = 57' & & \\
 \text{zweites Achsmaß links } 27' \cdot 2 = 54' & \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} & \text{am Bau } 55' \\
 \text{rechts } 29' \cdot 2 = 58' & & 
 \end{array}$$

Nicht nur in den Achsmaßen der Strebepfeiler bietet der Riß B vom Bau abweichende Varianten. Auch bezüglich der Höhe, in welcher das eine Achsmaß der Strebepfeiler in das andere übergeführt ist, hat Riß B seine vom Bau abweichende Meinung: Er sieht vor, den Achsenwechsel am Fuß des Glockengeschosses zu vollziehen, während er am Bau bereits oberhalb der Traufe der Vorhalle durchgeführt ist.

Ein Gleiches gilt für das Achsmaß der Wendeltreppen. Im Riß B sind nach der rechten Variante 43', nach der linken 44'6" in beiden Geschossen vorgesehen; am Bau sind im Martinsgeschoß (44'), im Glockengeschöß (42'6") verwirklicht.

Die Vertikalmaße des Risses B stimmen in den beiden ersten Geschossen mit den Baumaßen nahezu überein. Aber jenes Gesims, mit dem Matthäus Böblinger den Turmbau fortzusetzen begann, liegt am Bau 24' höher als im Riß B. Um etwa dieses Maß differieren auch die weiteren Höhen des Glockengeschosses bis hinauf zur Bläsergalerie.

Demnach ist der Riß B älter als das von Matthäus Böblinger errichtete Glockengeschöß des Turmes, d. h. älter als der Riß C. Hassler und Klaiber wollten den Riß B mit Matthäus Ensinger in Verbindung bringen, der am Ulmer Münster in den Jahren 1446—63 als Werkmeister tätig war. Erst Friederich datierte den Riß zutreffend „um 1470“. So gehört der Riß B nicht Matthäus, sondern dessen Sohn Moritz Ensinger, der dem Münsterbau 1463—74 vorstand.

Die Frage, wie sich der Riß B zum Bauwerk verhalte, läßt sich nun strenger fassen: Bis zu welcher Höhe gibt der Riß wieder, was Moritz Ensinger an der Baustelle verwirklicht vorfand und von welcher Höhe an ist dieser Riß als ein — in den Grundgedanken von Riß A abhängiger — Entwurf zu verstehen?

Im Jahre 1469 übernahm Moritz Ensinger die vertragliche Verpflichtung, innerhalb der nächsten zwei Jahre das Mittelschiff des Münsters zu wölben. Also war damals der große Bogen, mit dem sich das Martinsgeschloß des Turmes zum Mittelschiff öffnet, bereits fertiggestellt und mit ihm wenigstens die Nord- und die Südmauer des Martinsgeschosses etwa in dieser Höhe. — Eine um wenige Jahre ältere Nachricht führt zu einem weitergehenden Schluß: Die im Hauptturm aufgehängten Glocken wurden 1454 zum ersten Mal geläutet<sup>801</sup>. Also müssen der „steinerne Boden“, d. i. der etwa 2 m oberhalb der Gewölbescheitel des Mittelschiffs liegende Fußboden des Glockenhauses, und die ersten Mauerschichten dieses Turmgeschosses damals bestanden haben<sup>802</sup>. Anders gesagt: Matthäus Ensinger hat das Martinsgeschloß des Turmes fertiggestellt<sup>803</sup>, sein Sohn Moritz hat die beiden ersten Turmgeschosse vollendet vorgefunden.

Diese beiden Turmgeschosse sind im Riß B in den Horizontalmaßen vom Baubestand abweichend, in den Vertikalmaßen mit ihm etwa übereinstimmend wiedergegeben. Wie erklärt sich ein solches in sich widersprüchliches Vorgehen?

Man könnte annehmen, Moritz Ensinger habe zuverlässige Ausführungszeichnungen nicht vorgefunden und habe sich daher — den Bestand nochmals einzurüsten und aufzumessen war ihm kaum möglich<sup>804</sup> — auf ältere Entwürfe gestützt, die inzwischen in veränderter Form verwirklicht waren<sup>805</sup>. Ebenso könnte man annehmen, in diesen Riß, der den Turm vom Glockengeschloß an im Entwurf darstellt, seien die bereits bestehenden Geschosse in einer dem Entwurfs-gangen dienlichen, die Sachverhalte idealisierenden Form eingegangen<sup>806</sup>.

Beide Annahmen reichen nicht hin, denn beide können nicht erklären, weshalb im Riß B alle drei Geschosse des Vierorts beiderseits der Turmachse mit verschiedenen Horizontalmaßen dargestellt sind.

Ein Riß, der Bestehendes und Geplantes alternativ wiedergibt, kann nicht für die Baustelle bestimmt sein. Ein solcher Riß ist nur verständlich als eine Studienzeichnung, die der Absicht entsprang, Variationen über ein gegebenes Thema durchzuspielen und derart Einsichten zu gewinnen, die dem nächstfolgenden Entwurf zugute kommen sollten.

Daß dieser folgende Entwurf dem Ulmer Münsterturm gegolten habe, ist in hohem Maße wahrscheinlich, ist aber keineswegs gewiß, denn eine andere Möglichkeit ist nicht von der Hand zu weisen:

In der Hoffnung getäuscht, in Straßburg als Nachfolger des 1419 verstorbenen Ulrich von Ensingen angenommen zu werden ist Matthäus Ensinger, ein

<sup>801</sup> PFLEIDERER 1905, Sp. 17.

<sup>802</sup> In Höhe der Fenstersohlbänke dieses Geschosses setzte Matthäus Böblingers Bautätigkeit ein.

<sup>803</sup> So schon PFLEIDERER 1905, Sp. 17.

<sup>804</sup> Horizontalmaße in Höhe des Sockels und in Höhe der Mauerkrone zu nehmen wäre dagegen ohne weitere Vorkehrungen möglich gewesen. Selbst in diesen Maßen stimmt der Riß B mit dem Bauwerk nicht überein.

<sup>805</sup> So FRIEDERICH 1962, S. 29

<sup>806</sup> So KLETZL 1939, S. 12 bezüglich des Straßburger Risses Fh. 5.

Sohn Ulrichs, einem Ruf des Rates der Stadt Bern gefolgt, als dieser 1420 beschlossen hatte, das Münster dieser Stadt von Grund auf neu zu bauen. Matthäus lieferte den Entwurf im Sinne einer auf geringere Bedürfnisse zugeschnittenen Republik des Ulmer Münsters, begann den Bau und blieb für ihn auch verantwortlich, als er 1446 beauftragt wurde, den Bau des Ulmer Münsters weiterzuführen. Der als Sohn des Matthäus um 1430 in Bern geborene Moritz Ensinger arbeitete hier in Ulm zunächst als Geselle, dann, als der Vater 1467 verstarb, als dessen Nachfolger.

Inzwischen hatte man in Bern mit dem Bau des Münsterturms begonnen. Dieser Turm ist genauso wie der Turm des Ulmer Münsters in den Baukörper des Langhauses aufgenommen, ist von zwei Hallen flankiert und öffnet sich — die Eingangshalle und das Martinsgeschoß des Ulmer Turmes sind in Bern zu einem Raum zusammengefaßt — mit einem weitgespannten Bogen gegen das Mittelschiff. In der Front sollte, wie in Ulm zwischen die Strebeböfeler eingefügt, eine Vorhalle zunächst nur vor dem Hauptportal stehen; im folgenden Geschoß war ein „Martinsfenster“ zwischen vorgeblendetem Pfostenwerk vorgesehen, im Glockengeschoß sollte sich nur ein Fenster ebenfalls zwischen vorgeblendeten Schleierwerk öffnen; die Wendeltreppen waren allerdings auf die Flanken des Turmes hinter die westlichen Strebeböfeler zurückverlegt. Ein Turm also, der den Turm des Ulmer Münsters als sein Vorbild nicht verleugnet, entworfen von einem Architekten, dessen in Bern geborener Sohn nun in Ulm als Werkmeister wirkte. Als dieser Turm hochgeführt werden sollte, mochten die Bitten um Rat auf der einen und die Bereitwilligkeit zu raten auf der anderen Seite einander entgegenkommen. Dabei konnte hilfreich sein, die Geschosse des Ulmer Turmes in Varianten zu bedenken.

Moritz Ensinger ist 1474 in Ulm ausgeschieden und ist nach einem Aufenthalt in Konstanz, wo sein Bruder Vinzens als Werkmeister am Münster tätig war, 1481 als Werkmeister des Berner Münsters in seine Geburtsstadt zurückgekehrt<sup>807</sup>.

#### D. Maße und Maßverhältnisse

Zum ausgeführten Bauwerk stehen die vier Aufrisse des Ulmer Münsterturms in einem recht unterschiedlichen Verhältnis. Den ersten, künftig in den Hauptzügen verbindlich gebliebenen Riß hat Ulrich von Ensingen entworfen. Bis zu welcher Höhe er den Bau ausgeführt hat, ist mit Hilfe des Risses A, dessen erstes Viertel verlorengegangen, nicht mehr zu klären. Moritz Ensingers Riß B bietet eine in Varianten durchgespielte Paraphrase über das von Ulrich gegebene Thema. Dieser Riß war nicht für die Bauausführung bestimmt. Matthäus Böblinger hat die

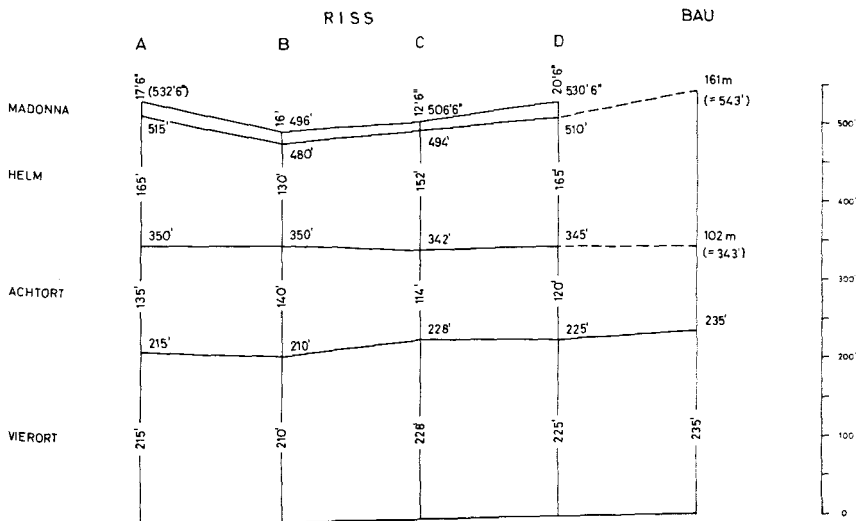
<sup>807</sup> H. VOLLMER, in: Thieme-Becker, Allgem. Lexikon der bild. Künstler, Bd. X, Leipzig 1914, S. 566. — Vgl. die davon abweichende (auf CARSTANJEN 1893 beruhende) Meinung, der in Bern 1481 tätige Moritz sei ein Sohn des Vinzens, bei: L. MOJON, Die Kunstdenkmäler der Schweiz, Kanton Bern, Das Berner Münster, 1960, S. 55.

bereits fertiggestellten Turmgeschosse in seinem Riß C etwa zutreffend wiedergegeben. In der Ausführung des Glockengeschosses ist er seinem Riß allerdings nicht gefolgt. Jörg Syrlin d. J. hat den Baubestand in seinem Riß D mit einiger Freiheit behandelt. Seinen Riß der Ausführung der weiteren Turmgeschosse zugrunde zu legen, wäre aus Gründen der architektonischen Komposition wie der Bautechnik kaum ratsam gewesen<sup>785</sup>.

Unter den Horizontalmaßen der Risse und des Bauwerks sind die Achsmaße der westlichen Strebeböfeler, da von ihnen zahlreiche weitere Maße abhängen, bei weitem die wichtigsten.

	Riß				Bau
	A	B	C	D	
Erstes Achsmaß	57'6"	56' bzw. 57'	57'6"	58'	57'6"
Zweites Achsmaß	58'	54' bzw. 58'	55'6"	57'	55'

Ulrich von Ensingen hatte das erste Achsmaß im Riß A wie an der Baustelle zu 57'6" festgelegt und hatte im Riß vorgesehen, das zweite Achsmaß auf 58' zu vergrößern. In den Rissen der folgenden Meister — von einer Variante des Risses B abgesehen — ist dagegen das zweite Achsmaß auf 54' bis 57' eingezogen. Ausgeführt wurden 55'.



In der Wahl der hauptsächlichlichen Vertikalmaße waren die Entwurfsmeister weniger gebunden. Für die Höhe von Vierort, Achtort und Helm wählten sie in den Rissen A und D, genauso offenbar in Riß B, jeweils runde, von 5' zu 10'



gestaffelte Maßzahlen. Ein solches Vielfaches der Maßeinheit bestimmt auch am Turm die Höhe des Vierorts. (Am Freiburger Münsterturm lassen sich die vertikalen Hauptmaße ebenfalls als runde, von 5' zu 10' gestaffelte Vielfache der Maßeinheit angeben). Im Riß C sind die vertikalen Maße dagegen auf eine andere Art definiert.

Zwischen den von 5' zu 10' gestaffelten Maßzahlen — oder zwischen ihnen und den weiteren, hier nicht nochmals genannten Teilmaßen — irgendwelche Verhältnisse aufzufinden, die als „Proportionen“ anzusprechen wären, ist mir nicht gelungen. Die auf andere Art definierten Vertikalmaße des Risses C — Vierort 228', Achtort 114' und Helm 152' — verhalten sich allerdings wie 6:3:4.

So scheinen sich für die Vertikalmaße zwei Möglichkeiten der Bestimmung abzuzeichnen: Entweder nach runden, von 5' zu 10' gestaffelten Vielfachen der Maßeinheit oder nach Vielfachen der Maßeinheit, die zueinander in einfachen Zahlenverhältnissen stehen.

### XIII. Zusammenfassung

Ein in den Tagen der Romantik wie im Spiel entwickelter Gedanke, den das spätere 19. Jh. im Ernst wieder aufgriff, wurde inzwischen zu einer anscheinend wissenschaftlich begründeten These ausgebaut. So ist heute mancher überzeugt, der gotische Architekt habe sich am Reißbrett wie an der Baustelle von Proportionsfiguren leiten lassen.

Die Nebengründe sind bekannt: Dank der Anwendung solcher Figuren folge das Bauwerk den Baugesetzen der Natur; der Symbolgehalt solcher Figuren verleihe dem Bauwerk übernatürliche Bedeutung; nur mit der Geometrie, nicht mit der Arithmetik, sei der gotische Architekt vertraut gewesen und in Unkenntnis des maßstäblichen Zeichnens sei ihm nur mit Hilfe dieser Figuren möglich gewesen, einen Entwurf zu zeichnen und auf die Baustelle zu übertragen.

Da von den Hauptgründen, den historischen Quellen, in aller Regel — wenn überhaupt — in solchen Veröffentlichungen nur beiläufig die Rede ist, wird die Hauptlast der Beweisführung immer wieder den Proportionsfiguren selbst zugeschoben, die, über Bauaufnahmen gezeichnet, bereits zu Hunderten veröffentlicht sind.

Diese Proportionsfiguren waren zunächst von der einfachsten Art. Als sie sich zu wenig ergiebig erwiesen, brachte man weitere Figuren und deren Varianten ins Spiel. Heute verfügt man über ein ganzes Arsenal solcher Hilfsmittel, von denen sich stets das eine oder andere geeignet erweist, die Proportionen eines gotischen Bauwerks zu begründen und mit solch empirisch gewonnenen Ergebnissen die These aufs neue zu stützen.

Die beispielsweise dem Freiburger Münsterturm im Dutzend zugeordneten Proportionierungen gehen am gebauten Sachverhalt jedoch vorbei. Die Behauptung, durch Herumprobieren auf dem Reißbrett habe man verloren geglaubte „Geheimnisse“ entdeckt, stützt sich demnach im wesentlichen auf diese Behauptung selbst.

Die historischen Quellen mit den Bauten in Verbindung zu bringen ist möglich, sobald erkannt ist, daß Irrtümer, die dem Proportionsbegriffen bis heute den Weg weisen, sich bereits in die abgeleiteten Quellen des 16./18. Jh. eingeschlichen haben: Erst Cesariano und mit ihm Rivus haben das Diagramm des Stornaloco — für diesen eine sinnfällige Begründung, der Mittelschiffhöhe des Mailänder Domes  $br. 84 = 6 \times br. 14$  zu geben — zur „Triangulatur“ umgedeutet und erst die Zunftmeister des Barocks haben die Vierung über Ort — für den gotischen Architekten ein Hilfsmittel, aus einem Kleinmaß geringere Kleinmaße abzuleiten — dem Grundriß eines Chores als „Quadratur“ unterlegt.

Die heute benutzten Proportionsfiguren werden über einem Grundmaß entwickelt, dessen Länge als Vielfaches der orts- und zeitüblichen Maßeinheit angesprochen wird. In dieser Maßeinheit ausgedrückt sind die mit Hilfe der Figur festgelegten Strecken im Regelfall irrationale Größen. Mittelalterliche Quellen nennen Baumaße dagegen stets als rationale Vielfache der Maßeinheit. Als „Kunst des Messens“ verstanden war es Sache der Geometrie, die in mittelalterlichen Bauordnungen und Bauverträgen, in Entwurfsbeschreibungen und Kostenanschlägen, in Bauaufträgen und Baubeschreibungen häufig genannten Abmessungen eines Bauwerks anzugeben; nur an Hand von Maßzahlen war dem Rechnungsführer möglich, Baumaterial einzukaufen und im Verding geleistete Arbeit zu entlohn.

Die in Meter bekannten Abmessungen eines gotischen Bauwerks als Vielfache der orts- und zeitüblichen Maßeinheit anzugeben ist möglich, sobald diese mit den im 18./19. Jh. notierten Äquivalenten nicht identische Maßeinheit ermittelt ist.

An der Baustelle hat sich der gotische Architekt der Proportionsfiguren nicht bedient. Wie ist er am Reißbrett vorgegangen?

Das einzige Proportionsdreieck, das man auf einem gotischen Riß gesehen haben will, hat sich als Irrtum erwiesen.

Eine weitere Stütze der These — die Behauptung, in Unkenntnis maßstäblichen Zeichnens habe der gotische Architekt zu Proportionsfiguren seine Zuflucht nehmen müssen — ist ebenfalls irrig. Mittelalterliche Risse sind nicht in den uns geläufigen dezimalen, sondern sind in duodezimalen Maßstäben gezeichnet. Auch wenn diese Risse inzwischen ungleichmäßig geschwunden sind, lassen sich die in ihnen festgelegten Baumaße als Vielfache der Maßeinheit angeben.

Der gotische Architekt kannte weder „Zaubermittel“ noch „Schönheitserzeuger“. An der Baustelle wie am Reißbrett benutzte er als einzig verlässliche Hilfs-

mittel Maß und Zahl; zu allem, was er schuf, zu allem, was uns als Leistung der Gotik noch heute angeht, waren ihm diese Hilfsmittel unentbehrlich.

Aber Hilfsmittel sind das eine — Wollen, Erfahrung und Können sind ein anderes —, auch in der gotischen Baukunst.

### Herkunft der Abbildungen

**71.** A. Dürer 1525, Buch III. — **72.** Als Unterlage diente Gatti 1913, Taf. I. — **73.** FM (Foto Marburg) 136 905. — **74.** Wolff 1892, Fig. 28. — **75.** a. Serlio 1619, lib. I, fol. 16 v. — b. Knauth 1908, Abb. 17. — **77., 78., 81.—84.** Nach Aufnahmen des Münsterbauamtes Freiburg i. Br. — **80.** Ueberwasser 1939 (Freiburg), Abb. 4 (hier in gleicher Größe). — **85.** Kempf 1914, Tafel bei S. 8. — **86.** J. Meder, Die Handzeichnung, Wien 1919, Abb. 64. — **87.** FM 136 802. Für die Eintragung der Blindrillen habe ich Herrn Prof. Dr.-Ing. H. Koepf in Wien sehr zu danken. — **88.** FM 136 795. — **89.** a. FM 87 467. — b. Stadtmuseum Ulm. — **90.** FM 136 867. — **92.** Als Unterlage diente Schmidt 1850. — **97.** ebenso Carstanjen 1893, Taf. XI. — **101.** ebenso Paulus Gradmann 1914, Titeltupfer. — **106.** ebenso nach der Durchzeichnung im Besitz des Münsterbauamtes Ulm a. d. D. — In den Abb. 92, 97, 101 und 106 wurden die Blattgrenzen nach Fotos der Originalrisse eingetragen.

Die Zeichnungen der weiteren Abbildungen fertigten die Assistenten des Lehrstuhls für Baugeschichte der Technischen Universität Braunschweig; ich verdanke Frau Dipl.-Ing. Petersen die Abb. 76, 77, 78, 79, 81, 91, Herrn Dipl.-Ing. v. Osterhausen die Abb. 72, Herrn Dipl.-Ing. Rauterberg die Abb. 82, 83, 84 und Herrn Dipl.-Ing. Hussendörfer die Abb. 92—111.

### Die in Abkürzungen zitierte Literatur

- |                |  |
|----------------|--|
| Ackermann 1949 | J. S. Ackermann, <i>Ars sine scientia nihil est, Gothic theory of architecture at the cathedral of Milan</i> , in: <i>The Art Bulletin</i> , 1949, XXXI, Nr. 1, S. 84. |
| Adler 1884     | F. Adler, Ein alter Bauriß zum Thurmhelm am Straßburger Münster, in: <i>Zentralblatt der Bauverwaltung</i> 4, 1884, Nr. 8, S. 76 f.                                    |
| Alberti 1957   | H. J. v. Alberti, <i>Maß und Gewicht</i> , Berlin 1957.  |
| Annali         | C. Cantù (ed.), <i>Annali della fabbrica del Duomo di Milano dall' origine fino al presente</i> , 3 vol., Milano 1877—1880, 2 app., Milano 1883—1885.                  |
| Auer 1896      | H. Auer, <i>Besprechung zu Dehio, Proportionsgesetz</i> , in: <i>Repertorium f. Kunstwissenschaft</i> XIX, 1896.   |
| Baum 1911      | J. Baum, <i>Die Ulmer Plastik um 1500</i> , Stuttgart 1911.  |
| Beissel 1889   | S. Beissel, <i>Die Bauführung des Mittelalters, Studie über die Kirche des hl. Viktor zu Xanten</i> , Freiburg i. Br. 1889.  |

- Beltrami Veneranda Fabbrica del Duomo di Milano (ed.), Luca Beltrami e il Duomo di Milano, Milano 1964 (Neudruck aller dem Dom gewidmeten Aufsätze Beltramis).
- Belz 1943 W. Belz, Das Proportionsgesetz unserer Liebfrauenkirche, in: Friedberger Geschichtsblätter, Bd. 14, 1939 bis 1942, Friedberg 1943, S. 119.
- Berlage 1908 H. P. Berlage, Grundlagen und Entwicklung der Architektur, Berlin 1908.
- Bernt 1939 W. Bernt, Altes Werkzeug, München 1939.
- Bezold 1936 G. v. Bezold, Zur Geschichte der romanischen Baukunst in der Erzdiözese Mainz, in: Marburger Jahrbuch für Kunstwissenschaft, Bd. 8/9, 1936, S. 1.
- Boehn 1929 O. Boehn, Von geheimnisvollen Maßen, Zahlen und Zeichen, Zeulenroda-Leipzig 1929.
- Boisserée 1823 S. Boisserée, Geschichte und Beschreibung des Domes von Köln, 2 Tle., Stuttgart 1823.
- Boisserée 1842 S. Boisserée, Geschichte und Beschreibung des Doms von Köln, München 1842.
- Boncompagni 1857 B. Boncompagni, Il liber abbaci di Leonardo Pisano, Roma 1857.
- Boncompagni 1862 B. Boncompagni, Scritti di Leonardo Pisano, matematico del secolo decimoterzo vol. II: Leonardi Pisani Practica geometriae ed Opuscoli, Roma 1862.
- Booz 1956 P. Booz, Der Baumeister der Gotik, München-Berlin 1956.
- Brandt 1927 P. Brandt, Schaffende Arbeit und bildende Kunst, 2 Bände, Leipzig 1927, 1928.
- Branner 1963 R. Branner, Villard de Honnecourt, Reims and the origin of gothic architectural drawing, in: Gazette des Beaux-Arts, 1963, S. 129.
- Brunés 1967 T. Brunés, The secret of Ancient Geometry — and its use, Copenhagen 1967.
- Brunet 1928 E. Brunet, La restauration de la cathédrale de Soissons, in: Bull. mon. 87, 1928, S. 65.
- Buchner 1953 E. Buchner, Das deutsche Bildnis der Spätgotik und der frühen Dürerzeit, Berlin 1953.
- Büchi 1905 A. Büchi, Die Chroniken und Chronisten von Freiburg im Uechtland, in: Jahrbuch für Schweizerische Geschichte 30, 1905, S. 197.
- Busch 1933 K. Busch, Neue Beiträge zur Baumaßnorm und Plankonstruktion der deutschen Baukunst des 12. und 13. Jahrhunderts, in: Architectura, 1. Jg., Berlin 1933.
- Busch 1935 K. Busch, Raum- und Zeitgesetze deutscher Kunst, Berlin 1935.

- Cali 1965 F. Cali, *Das Gesetz der Gotik, eine Studie über gotische Architektur*, (Paris 1963), München 1965.
- Carstanjen 1893 F. Carstanjen, *Ulrich von Ensingen, ein Beitrag zur Geschichte der Gotik in Deutschland*, München 1893.
- Cesariano 1521 Di Lucio Vitruvio Pollione de Architectura Libri Dece traducti de latino in Vulgare affigurati: commentati et con mirando ordine Insigniti: . . . e Impresso nel amena et delecteuole Citate de Como per Magistro Gortardo de Ponte Citadino Milanese: ne l'anno del nostro Signore Jesu Christo M.D.XXI. XV. mensis Julii . . .
- Clarke-Engelbach 1930 S. Clarke und R. Engelbach, *Ancient Egyptian Masonry*, Oxford/London 1930.
- Clemen 1937 P. Clemen, *Der Dom zu Köln, (Die Kunstdenkmäler der Rheinprovinz)*, Düsseldorf 1937.
- Colombier 1953 P. du Colombier, *Les chantiers des cathédrales*, Paris 1953.
- Coudrefin Jacques Coudrefin, *Chronik*, geschrieben um 1450, Original verschollen. Abschrift in: Frayo Peter, *Freiburger Chroniken*, handschriftl. Sammelband, um 1590 (Kantons- und Universitätsbibl. Freiburg i. Ü. Sign. L 1152, S. 314—330); die hier interessierenden Abschnitte S. 324—325. Der Text veröffentlicht von J. D. Blavignac, *Comptes et dépenses de la construction du clocher de Saint-Nicolas à Fribourg en Suisse de 1470 à 1490*, Paris 1858, p. XIV s.
- Csemegi 1954 J. Csemegi, *Die Konstruktionsmethoden der mittelalterlichen Baukunst*, in: *Acta historiae artium Aeademiae Scientiarum Hungariae*, II, 1954.
- Dehio 1894 G. Dehio, *Untersuchungen über das gleichseitige Dreieck als Norm gotischer Bauproportionen*, Stuttgart 1894.
- Dehio 1895  
(Proportionsgesetz) G. Dehio, *Ein Proportionsgesetz der antiken Baukunst und sein Nachleben im Mittelalter und in der Renaissance*, Straßburg 1895.
- Dehio 1895  
(Triangulation) G. Dehio, *Zur Frage der Triangulation in der mittelalterlichen Kunst*, in: *Repertorium für Kunstwissenschaft* XVIII, 1895, S. 105.
- Dehio 1921 G. Dehio, *Geschichte der deutschen Kunst*, Bd. 2, Berlin-Leipzig 1921.
- Dehio-Bezold 1901 G. Dehio und G. v. Bezold, *Die kirchliche Baukunst des Abendlandes*, Bd. 2, Stuttgart 1901.
- Delorme 1648 P. de l'Orme, *Architecture*, Rouen 1648.
- Deneux 1925 H. Deneux, *Signes lapidaires et épreuves du XIII<sup>e</sup> siècle à la cathédrale de Reims*, Bull. mon. 84, 1925, S. 99.

- Desjardins 1865 G. Desjardins, *Histoire de la Cathédrale de Beauvais*, Beauvais 1865.
- Dewischeit 1899 C. Dewischeit, *Der Deutsche Orden in Preußen als Bauherr*, in: *Altpreußische Monatsschrift* 36, 1899, S. 145.
- Dietterlin 1598 W. Dietterlin, *Architectura*, Nürnberg 1598.
- Discher 1932 C. F. Discher, *Die deutschen Bauhöfen im Mittelalter und ihre Geheimnisse*, Wien 1932.
- Drach 1897 A. v. Drach, *Das Höfengeheimnis vom gerechten Steinmetzengrund*, Marburg 1897.
- Dürer 1525 A. Dürer, *Underweysung der messung mit dem zirckel vn(d) richtscheyt*, Nüremberg 1525; Faksimiledruck, hrsg. von A. Jaeggli, Dietikon-Zürich 1966.
- Durach 1928 F. Durach, *Mittelalterliche Bauhöfen und Geometrie*, Diss., Stuttgart 1928.
- Durm 1905 J. Durm, *Die Baukunst der Römer* (Handbuch d. Architektur II, 2), Stuttgart 1905.
- Ehrenberg 1840 C. F. von Ehrenberg, *Baulexikon*, Frankfurt a. M. 1840.
- Eicken 1918 H. Eicken, *Der Baustil*, Berlin 1918.
- Fabri Fratr̃is Felicis Fabri tractatus de civitate Ulmensi; geschrieben 1480, hrsg. von K. G. Veesenmeyer, Tübingen 1889.
- Feldhaus 1931 F. M. Feldhaus, *Die Technik der Antike und des Mittelalters*, Wildpark-Potsdam 1931.
- Félibien 1699 A. Félibien, *Des principes de l'architecture de la sculpture, de la peinture, et des autres arts qui en dépendent*, Paris 1699.
- Fiederling 1930 O. Fiederling, *Dimensionierung der architektonischen Glieder. Ein Gesetz, abgeleitet aus den Bauten Friedrich Weinbrenners*, Diss., Karlsruhe 1930.
- Fischer Sebastian Fischers Chronik (geschrieben um 1530, fortgesetzt von Schuhmacher), hrsg. von K. G. Veesenmeyer, Ulm 1896.
- Fischer 1934 Th. Fischer, *Zwei Vorträge über Proportionen*, München 1934.
- Fischer 1938 Th. Fischer, *Zur Analogie optischer und akustischer Sinnesreize*, in: *Forschungen und Fortschritte*, 14. Jg., 1938, S. 13.
- Flinders Petrie 1917 W. M. Flinders Petrie, *Tools and weapons*. London 1917.
- Förster 1862 E. Förster, *Vorschule der Kunstgeschichte*. Leipzig 1862.
- Förster 1956 O. H. Förster, *Bramante*, Wien-München 1956.

- Frankl 1945 P. Frankl, The secret of the medieval masons, in: The Art Bulletin, XXVII, March 1945, S. 46.
- Frankl 1960 P. Frankl, The Gothic, Literary sources and interpretations through eight centuries, Princeton 1960.
- Freckmann 1965 K. Freckmann, Proportionen in der Architektur, München 1965.
- Frick 1731 E. Frick, Ulmisches Münster, oder: Eigentliche Beschreibung ... des herrlichen Münster-Gebäudes zu Ulm ..., Ulm 1731 (Nachdruck Neu-Ulm 1964).
- Friederich 1932 K. Friederich, Die Steinbearbeitung in ihrer Entwicklung vom 11. bis zum 18. Jahrhundert, Augsburg 1932.
- Friederich 1962 K. Friederich, Die Risse zum Hauptturm des Ulmer Münsters, in: Ulm und Oberschwaben, Ztschr. für Geschichte und Kunst, 36, 1962, S. 19.
- Funk 1938 W. Funk, Der Meister des Marthaaaltars in der St.-Lorenz-Kirche zu Nürnberg, Nürnberg-Berlin 1938.
- Funk 1955 W. Funk, Das rechte Maß bei Albrecht Dürer und bei den alten Meistern, Nürnberg 1955.
- Gall 1950 E. Gall, Über die Maße der Trierer Liebfrauenkirche, in: Form und Inhalt, Festschrift für Otto Schmitt, Stuttgart 1950, S. 97.
- Gall 1952 E. Gall, in: Katalog der Ausstellung „Plan und Bauwerk“, München 1952.
- Gatti 1913 A. Gatti, La Basilica Petroniana, Bologna 1913.
- Gaye 1840 G. Gaye, Carteggio d'artisti del secolo XIV<sup>o</sup>—XVI<sup>o</sup>, vol. III, Firenze 1840.
- Geiger 1952 F. Geiger, Maßverhältnisse der gotischen Kirchen Niederbayerns, bes. der Werke des Landshuter Baumeisters Hans Stethaimers, in: Verhandl. d. hist. Vereins f. Niederbayern, 78 Jg., 1952, S. 13.
- Gerkan 1957 A. v. Gerkan, Besprechung zu H. Pleßner, Sterngeborenes Olympia, die Entstehung des sakralen Maßes, Düsseldorf 1956, in: Gymnasium 64, 1957, S. 359.
- Gerstenberg 1966 K. Gerstenberg, Die deutschen Baumeisterbildnisse des Mittelalters, Berlin 1966.
- Giesen 1930 J. Giesen, Dürers Proportionsstudien im Rahmen der allgemeinen Proportionsentwicklung, Bonn 1930.
- Gimpel 1958 J. Gimpel, Les batisseurs de cathédrales, (Paris) 1958.
- Gioseffi 1963 D. Gioseffi, Giotto architetto, Milano 1963.
- Grashoff 1948 E. W. Grashoff, Von den Grundlagen der Baukunst, Mainz 1948.
- Grimschitz 1947 B. Grimschitz, Hanns Puchspaum, Wien 1947.
- Grote 1959 A. Grote, Der vollkommen Architectus, München 1959.

- Gruber 1947 O. Gruber, Vom rechten Bauen, Wolfenbüttel-Hannover 1947.
- Gruber 1951 O. Gruber, Einführung in das Studium der Architektur, Heidelberg 1951.
- Grueber 1839—1841 B. Grueber, Vergleichende Sammlungen für christliche Baukunst, 2 Teile, Augsburg 1839—1841.
- Gümbel 1910 A. Gümbel, Baurechnungen vom Chorbau von St. Lorenz in Nürnberg 1462—1467, in: Repertorium f. Kunstwiss. 33, 1910.
- Haase 1911—1919 J. Haase, Der Dom zu Köln a. Rh. in seinen Haupt-Maßverhältnissen auf Grund der Siebenzahl und der Proportion des goldenen Schnitts, in: Ztschr. f. Gesch. d. Architektur, V, S. 97, 148, Heidelberg 1911/1912. — Derselbe, Der Dom zu Köln a. Rh. in seinen Haupt-Maßverhältnissen auf Grund der Siebenzahl und der Triangulatur, ebenda VII, S. 128, Heidelberg 1914 bis 1919.
- Haase 1916 J. Haase, Die Salvatorkirche in München, ein typisches Bauhüttenwerk des ausgehenden Mittelalters, in: Süd-deutsche Bauzeitung XXVI, 1916.
- Haase 1917 (Magdeburg) J. Haase, Der Dom zu Magdeburg, eine deduktische Genese seiner Haupt-Maßverhältnisse, in: Ztschr. f. Architektur und Ingenieurwesen, XXII, 1917.
- Haase 1917 (München) J. Haase, Die Frauenkirche in München in ihren Haupt-Maßverhältnisse nach der Methode mittelalterlicher Bauhütten, in: Süddeutsche Bauzeitung, XXVII. 1917.
- Haase 1919 J. Haase, Die Bauhütten des späten Mittelalters, ihre Organisation, Triangulatur-Methode und Zahlensymbolik, München 1919.
- Habicht 1933 V. C. Habicht, Aufgaben der Forschung über die deutschen Bauhütten, in: Architectura, 1. Jg., Berlin 1933.
- Habicht 1937 V. C. Habicht, Architekturtheorie, in: Reallexikon zur dt. Kunstgeschichte, Bd. 1, Sp. 959, Stuttgart 1937.
- Hahnloser 1935 H. R. Hahnloser, Villard de Honnecourt, Wien 1935.
- Hanftmann 1930 B. Hanftmann, Die Benediktiner als Architekten bis in die Zeit der Gotik, in: Studien und Mitteilungen zur Geschichte des Benediktiner-Ordens, 48. Jg., NF 17, München 1930.
- Hardegger 1864 J. Hardegger, Kurze Chronik des Gotzhauses St. Gallen (1360—1490), in: Mitt. z. vaterländ. Geschichte, hrsg. vom Histor. Verein in St. Gallen, II, 1864, S. 1.
- Hasak 1902 M. Hasak, Die romanische und die gotische Baukunst, in: Handb. der Architektur, II, 4, 3, Stuttgart 1902.



- Hasak 1927 M. Hasak, Einiges von den mittelalterlichen Hilfslinien für das Entwerfen, in: Deutsche Bauzeitung, 61. Jg., 1927.
- Haseloff 1920 A. Haseloff, Die Bauten der Hohenstaufen in Unteritalien, Leipzig 1920.
- Hassler 1864 K. D. Hassler, Ulms Kunstgeschichte im Mittelalter (Supplement zu C. Heideloff, Die Kunst des Mittelalters in Schwaben, Stuttgart 1855) Stuttgart 1864.
- Hecht 1965 K. Hecht, Der St. Galler Klosterplan — Schema oder Bauplan? in: Abhandlungen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft XVII, 1965.
- Hecht 1966 K. Hecht, Zur Maßstäblichkeit der mittelalterlichen Bauzeichnung, in: Koldewey-Gesellschaft, Bericht über die 23. Tagung für Ausgrabungswissenschaft und Bauforschung, 1965, S. 83 (auch in: Bonner Jahrbuch 166, 1966, S. 253).
- Hecht 1968 K. Hecht, Zur Frage der Proportion in der gotischen Baukunst, in: Mitt. der Techn. Univ. Braunschweig, Jg. 3, 1968, S. 19.
- Heideloff 1844 C. A. Heideloff, Die Bauhütte des Mittelalters in Deutschland, Nürnberg 1844.
- Heideloff 1849—1851 C. A. Heideloff, Der kleine Altdeutsche, oder Grundzüge des altdeutschen Baustils, 3 Curse, Nürnberg 1849—1851.
- Heideloff 1852 Carl Heideloff's Ornamentik des Mittelalters, Neue Ausgabe, Nürnberg o. J. (1852?).
- Heinrich-Seidl 1967 E. Heinrich und U. Seidl, Grundrißzeichnungen aus dem Alten Orient, in: Mitteilungen der Deutschen Orientgesellschaft zu Berlin, Nr. 98, Berlin 1967, S. 24.
- Hoeber 1906 F. Hoeber, Orientierende Vorstudien zur Systematik der Architekturproportionen auf historischer Grundlage, Frankfurt a. M. 1906.
- Hoffstadt 1840 F. Hoffstadt, Gotisches ABC-Buch, Frankfurt a. M. 1840. (Das Titelblatt nennt das Jahr 1840, auf S. 64 ist aber Kuglers Handbuch genannt, das erst 1842 erschien.)
- Ivekovic 1927 C. M. Ivekovic, Bau- und Kunstdenkmale in Dalmatien, Bd. 3, Wien 1927.
- Karlinger 1944 H. Karlinger, Zahl und Maß, Zürich 1944.
- Kempf 1914 F. Kempf, Das Freiburger Münster, seine Bau- und Kunstpflege, Karlsruhe 1914.
- Kempf-Schuster 1906 F. Kempf und K. Schuster, Das Freiburger Münster, ein Führer für Einheimische und Fremde, Freiburg i. Br. 1906.

- Kiene 1950 A. Kiene, Die musikalischen Zahlenverhältnisse in der Architektur, Diss. Hannover 1950 (masch.-schr.).
- Klaiber 1909 H. Klaiber, Zur Baugeschichte des Ulmer Münsters, in: Repertorium f. Kunstwiss. 32, 1909, S. 471.
- Klaiber 1911 H. Klaiber, Der Ulmer Münsterbaumeister Matth. Böblingen, in: Ztschr. f. Gesch. d. Architektur, Beiheft 4, Heidelberg 1911, S. 305.
- Kletzl 1933 O. Kletzl, Das Frühwerk Ulrichs von Ensingen, in: Architectura, Jahrbuch für Geschichte der Baukunst, 1933, I, S. 170.
- Kletzl 1935 O. Kletzl, Besprechung zu Thomae 1933, in: Ztschr. f. Kunstgeschichte, IV, 1935, S. 56.
- Kletzl 1936 (Freiburg) O. Kletzl, Zwei Plan-Bearbeitungen des Freiburger Münsterturms, in: Oberrheinische Kunst, VII, 1936, S. 15.
- Kletzl 1936 (Straßburg) O. Kletzl, Die Junker von Prag in Straßburg, in: Schriften des Wiss. Instituts der Elsaß-Lothringer im Reich an der Universität Frankfurt, NF 15, Frankfurt a. M. 1936.
- Kletzl 1937—1938 O. Kletzl, Werkrißtypen deutscher Bauhüttenkunst, in: Kunstgeschichtliche Gesellschaft Berlin, Sitzungsberichte 1937—1938, S. 20.
- Kletzl 1938 O. Kletzl, Ein unbekannter Pergamentplan der Münsterbauhütte Straßburg, in: Forschungen und Fortschritte 14, 1938, S. 249.
- Kletzl 1939 O. Kletzl, Plan-Fragmente aus der deutschen Dombauhütte von Prag, Stuttgart 1939.
- Kletzl 1941 (Bauhüttenkunst) O. Kletzl, Bauhüttenkunst der deutschen Gotik, in: Der deutsche Baumeister, 3. Jg., 1941, S. 7.
- Kletzl 1941 (Straßburg) O. Kletzl, Ein Werkriß des Frauenhauses von Straßburg, in: Marburger Jahrbuch für Kunstwissenschaft, XI/XII, 1938—1939, Marburg 1941.
- Kletzl 1944 O. Kletzl, Die Krefßburger Fragmente, in: Marburger Jahrbuch f. Kunstwiss. XIII, 1944, S. 129.
- Kloeppel 1935 O. Kloeppel, Die Marienkirche in Danzig und das Hüttengeheimnis vom gerechten Steinmetzengrund. Danzig 1935.
- Klopfer 1919 P. Klopfer, Das Wesen der Baukunst. Leipzig 1919.
- Knauth 1906 J. Knauth, Mittelalterliche Technik und moderne Restauration, in: Straßburger Münsterblatt III. 1906, S. 32.
- Knauth 1908 J. Knauth, Das Straßburger Münster und die Cheops-pyramide, Straßburg 1908.
- Knöll 1910 K. Knöll, Die Bauführung. Leipzig 1910.

- Koch 1901 H. Koch, Bauführung (Handbuch der Architektur I, 5), Stuttgart 1901.
- Kölle 1903 A. Kölle, Über das Maßwesen und die Maße in der ehem. Freien Reichsstadt Ulm, in: Württ. Jahrbuch f. Statistik und Landeskunde 1902, Stuttgart 1903, S. 35.
- Koßmann 1925 B. Koßmann, Einstens maßgebende Gesetze bei der Grundrißgestaltung von Kirchenbauten, Straßburg 1925.
- Kottmann 1967 A. Kottmann, Maßverhältnisse in Bauten der Hirsauer, München-Zürich 1967.
- Kraus 1876 F. X. Kraus, Kunst und Altertum im Unter-Elsaß, Bd. I, Straßburg 1876.
- Kreusch 1963 F. Kreusch, Das Maß des Engels, in: Festschrift für W. Weyres, hrsg. von J. Hoster und A. Mann, Köln 1963, S. 61.
- Kreuser 1851 J. Kreuser, Der christliche Kirchenbau, seine Geschichte, Symbolik, Bildnerei, nebst Andeutungen für Neubauten, Bonn 1851.
- Kükelhaus 1934 H. Kükelhaus, Urzahl und Gebärde, Grundzüge eines kommenden Maßbewußtseins, Berlin 1934.
- Lacher Des Meisters L. Lacher Unterweisung (geschrieben 1516), hrsg. von A. Reichensperger, in: Vermischte Schriften über christliche Kunst, Leipzig 1856, S. 132 bis 155. —Original verschollen; hier nach der 1593 gefertigten Abschrift (Köln, Stadtarchiv W. f. 276\*) zitiert. Um die Textstellen leichter auffinden zu können, wurden die Abschnitte durchnummeriert.
- Lange 1901 K. Lange, Das Wesen der Kunst, Bd. 1, Berlin 1901.
- Lassus 1858 J. B. A. Lassus, Album de Villard de Honnecourt, Paris 1858.
- Lehmann-Brockhaus 1938 O. Lehmann-Brockhaus, Schriftquellen zur Kunstgeschichte des 11. und 12. Jahrhunderts für Deutschland, Lothringen und Italien, Berlin 1938.
- Lethaby-Rice 1949 W. R. Lethaby and D. Talbot Rice, Medieval Art, London 1949.
- Lietzmann 1931 W. Lietzmann, Mathematik und bildende Kunst, Breslau 1931.
- Lund 1921 F. M. Lund, Ad quadratum, a study of the geometrical bases of classic and medieval religious architecture, 2 vol., London 1921.
- Lurçat 1957 A. Lurçat, Formes, composition et lois d'harmonie, Éléments d'une science de l'esthétique architecturale, vol. V, Paris 1957.

- Mayer 1777 M. Johann Tobias Mayer, Gründlicher und ausführlicher Unterricht zur praktischen Geometrie, Göttingen 1777.
- Meder 1919 J. Meder, Die Handzeichnung, ihre Technik und Entwicklung, Wien 1919.
- Metzger 1835 J. Metzger, Gesetze der Pflanzen- und Mineralienbildung, angewendet auf altdeutschen Baustil, Stuttgart 1835.
- Michael 1911 E. Michael, Kulturzustände des deutschen Volkes während des 13. Jahrhunderts, Freiburg i. Br. 1911.
- Mössel 1926 E. Mössel, Die Proportion in Antike und Mittelalter, München 1926.
- Mössel 1931 E. Mössel, Urformen des Raumes als Grundlagen der Formgestaltung, München 1931.
- Mössel 1938 E. Mössel, Vom Geheimnis der Form und der Urform des Seins, Stuttgart-Berlin 1938.
- Mohrmann 1890 G. Ungewitter, Lehrbuch der gotischen Konstruktionen, 3. Aufl., neu bearbeitet von K. Mohrmann, 2 Bde., Leipzig 1890.
- Mohrmann 1897 (Hüttengeheimnis) K. Mohrmann, Das Hüttengeheimnis vom gerechten Steinmetzengrund, in: Zentralblatt der Bauverwaltung XVII, 1897, S. 192.
- Mohrmann 1897 (Proportionsgesetz) K. Mohrmann, Ein Proportionsgesetz der antiken Baukunst, in: Zentralblatt der Bauverwaltung XVII, 1897, S. 66.
- Mojon 1967 L. Mojon, Der Münsterbaumeister Matthäus Ensinger, Bern 1967.
- Moller 1815 G. Moller, Denkmäler der deutschen Baukunst, Darmstadt 1815.
- Moller 1836 G. Moller, Denkmäler der deutschen Baukunst. XIX. Heft, Der Münster zu Freiburg im Breisgau, Darmstadt 1836.
- Mone 1852 F. J. Mone, Beiträge zur Kunstgeschichte, in: Ztschr. für die Gesch. des Oberrheins, 3. 1852.
- Moreau-Nélaton 1915 E. Moreau-Nélaton, La Cathédrale de Reims, Paris 1915.
- Morgan 1961 B. G. Morgan, Canonic design in English Mediaeval Architecture, Liverpool 1961.
- Mortet 1911 V. Mortet, Recueil de textes relatifs à l'histoire de l'architecture et à la condition des architectes en France au moyen-âge, XI<sup>e</sup>—XII<sup>e</sup> siècles, Paris 1911.
- Mortet-Deschamps 1929 V. Mortet et P. Deschamps, Recueil de textes relatifs à l'histoire de l'architecture et à la condition des architectes en France au moyen-âge, XII<sup>e</sup>—XIII<sup>e</sup> siècles, Paris 1929.

- Neuburger 1919 A. Neuburger, Die Technik des Altertums, Leipzig 1919.
- Neuwirth 1893 J. Neuwirth, Geschichte der bildenden Kunst in Böhmen, Bd. I, Prag 1893.
- Noback 1851 C. und F. Noback, Vollständiges Taschenbuch der Münz-, Maß- und Gewichtsverhältnisse, Leipzig 1851.
- Overbeck-Mau 1884 J. Overbeck und A. Mau, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken, Leipzig 1884.
- Pacioli 1509 C. Winterberg, Fra Luca Pacioli, Divina Proportione, Die Lehre vom goldenen Schnitt, nach der venezianischen Ausgabe von 1509, Wien 1889.
- Palladio 1570 A. Palladio, I quattro libri dell'architettura, Venezia 1570.
- Panofsky 1921 E. Panofsky, Die Entwicklung der Proportionslehre als Abbild der Stilentwicklung, in: Monatshefte für Kunstwiss. 1921, S. 188.
- Panofsky 1945 E. Panofsky, An explanation of Stornaloco's formula, in: The Art Bulletin, 1945, XXVII, Nr. 1, S. 61.
- Paulus-Gradmann 1914 E. Paulus und E. Gradmann, Die Kunst- und Altertumsdenkmale im Königreich Württemberg, Donaukreis I, Esslingen 1914.
- Pfleiderer 1905 R. Pfeiderer, Das Münster zu Ulm und seine Kunstwerke, Stuttgart 1905.
- Pfleiderer 1907 R. Pfeiderer, Münsterbuch, Das Ulmer Münster in Vergangenheit und Gegenwart, Ulm 1907.
- Phleps 1942 H. Phleps, Holzbaukunst, Der Blockbau, Karlsruhe 1942.
- Prak 1966 N. L. Prak, Measurements of Amiens Cathedral, in: Journal of the Society of Architectural Historians XXV 1966, S. 209.
- Pressel 1877 F. Pressel, Ulm und sein Münster, Ulm 1877.
- Rathe 1926 K. Rathe, Ein Architektur-Musterbuch der Spätgotik, in: Festschrift der Nationalbibliothek in Wien, Wien 1926.
- RDK Reallexikon der deutschen Kunstgeschichte, begründet von O. Schmitt, Stuttgart 1937 ff.
- Reichensperger 1856 A. Reichensperger, Vermischte Schriften über christliche Kunst, Leipzig 1856.
- Reimers 1894 Reimers, Besprechung zu Dehio 1894, in: Repertorium f. Kunstwiss. XVII, Wien 1894.
- Rivius 1548 Vitruvius Teutsch, Nemlichen des aller namhafftigsten und hocherfarnesten Römischen Architecti vnd Kunstreichen Werck oder Baumeisters Marci Vitruvii Pollionis Zehen Bücher von der Architectur vnd künstlichem Bawen . . . in Truck verordnet durch D. Gualtherum H. Rivium . . . Nürnberg . . . Anno MDXLVIII.

- Rivius 1558 Der Architectur fürnembsten, notwendigsten, angehörigen Mathematischen vnd Mechanischen Künst eygentlicher bericht vnd verständliche vnterrichtung, zu rechtem verstandt der lehr Vitruvij, ... in Truck verordnet Durch Gualtherum H. Rivium ... Nürnberg ... Anno 1558. Je mit eigener Paginierung I. Buch der neuen Perspectiua, II. Buch der Geometrischen Büxenmeisterrey, III. Buch der Geometrischen Messung, angeschlossn: Wage und Gewicht.
- Romanini 1964 A. M. Romanini, *L'architettura gotice in Lombardia*, 2 vol., Milano 1964.
- Roritzer 1486, 1487/1488 M. Roritzer, *Das Büchlein von der Fialen Gerechtigkeit*, Regensburg 1486 und *Die Geometria Deutsch*, Regensburg 1487/1488, mit einem Nachwort und Textübertragung, hrsg. von F. Geldner, Wiesbaden 1965.
- Rosenau 1931 H. Rosenau, *Der Kölner Dom*, Köln 1931.
- Rott 1933 H. Rott, *Quellen und Forschungen zur süd-westdeutschen und schweizerischen Kunstgeschichte im 15. und 16. Jahrh., I. Bodenseegebiet*, Stuttgart 1933.
- Rumler 1849 K. Rumler, *Übersicht der Maße, Gewichte und Währungen*, Wien 1849.
- Salzmann 1967 L. F. Salzmann, *Building in England down to 1540, a documentary history*, Oxford 1967 (2. Aufl.).
- Sandrat-Volkmann 1770 J. v. Sandrat, *Teutsche Academie der Bau-, Bildhauer- und Maler-Kunst*, erneuert von J. J. Volkmann, Nürnberg 1770.
- Scamozzi 1615 O. B. Scamozzi, *Dell'idea della architettura universale*, Venetia 1615.
- Schlosser 1892 J. v. Schlosser, *Schriftquellen zur Geschichte der karolingischen Kunst*, Wien 1892.
- Schmidt 1850 Ch. W. Schmidt, *Faksimiles von Originalzeichnungen deutscher Dome*, Trier 1850.
- Schmieder 1929 L. Schmieder, *Das Benediktinerkloster St. Blasien*, Augsburg 1929.
- Schmithals-Klemm 1958 H. Schmithals und F. Klemm, *Handwerk und Technik vergangener Jahrhunderte*, Tübingen 1958.
- Schmitz 1871—1880 F. Schmitz und L. v. Ennen, *Der Dom zu Köln*, Köln 1871—1880.
- Schmutternayer Hans Schmuttermayer's Fialenbüchlein, in: *Anzeiger für Kunde der deutschen Vorzeit*, 1881, NF 28, Sp. 65.
- Schnaase 1850 C. Schnaase, *Geschichte der bildenden Künste*, Bd. IV, Düsseldorf 1850.
- Schönberger 1927 G. Schönberger, *Beiträge zur Baugeschichte des Frankfurter Doms*, in: *Schriften des Histor. Museums*, 3, Frankfurt a. M. 1927.

- Schubert 1954 O. Schubert, Gesetz der Baukunst, Leipzig 1954.
- Schürenberg 1937 L. Schürenberg, Besprechung zu H. R. Hahnloser, Villard de Honnecourt, in: Ztschr. f. Kunstgeschichte, VI, 1937, S. 41.
- Schultz 1891 W. Schultz, Die Harmonie in der Baukunst, Hannover 1891.
- Serlio 1619 S. Serlio, Tutte l'opere d'architettura, Venedig 1619.
- Siebenhüner 1944 H. Siebenhüner, Deutsche Künstler am Mailänder Dom, München 1944.
- Simson 1968 O. v. Simson, Die gotische Kathedrale (London 1956), Darmstadt 1968.
- Soergel 1958 G. Soergel, Untersuchungen über den theoretischen Architekturentwurf von 1450—1550 in Italien, Diss., München 1958.
- Sonnenburg 1881 L. Sonnenburg, Der goldene Schnitt, in: Programm des kgl. Gymnasiums zu Bonn, Bonn 1881.
- Spieß 1959 H. Spieß, Maß und Regel, Eine mittelalterliche Maßordnung an romanischen Bauten in Kloster Eberbach, Diss., Aachen 1959.
- Spieß 1963 H. Spieß, Werkmaß und Bauwerk, in: Festschrift für Willy Weyres, Köln 1963, S. 219.
- Staatsmann 1910 K. Staatsmann, Das Aufnehmen von Architekturen, 2. Bde., Leipzig 1910.
- Stehlin 1935 La façade de la cathédrale de Strasbourg, notes de C. Stehlin †, rédigées par H. Reinhardt et E. Fels, in: Bulletin de la société des amis de la cathédrale de Strasbourg, 2<sup>e</sup> série, No. 3, Strasbourg 1935.
- Stettiner 1905 R. Stettiner, Die illustrierten Prudentiushandschriften, Berlin 1905.
- Stieglitz 1820 Ch. L. Stieglitz, Von altdeutscher Baukunst, Leipzig 1820.
- Stieglitz 1834 Ch. L. Stieglitz, Beiträge zur Geschichte der Ausbildung der Baukunst, Bd. II, Leipzig 1834.
- Stieglitz 1837 Ch. L. Stieglitz, Geschichte der Baukunst, Nürnberg 1837.
- Stiehl 1922 O. Stiehl, Der Weg zum Kunstverständnis, Berlin-Leipzig 1922.
- Stockmeyer 1943 E. Stockmeyer, Maß und Zahl in der Baukunst, in: Werk, 30. Jg., 1943, S. 353.
- Stockmeyer 1945 E. Stockmeyer, Baukunst und Kunsttheorie im Mittelalter, in: Werk, 32. Jg., 1945, S. 42.
- Street 1865 G. E. Street, Some Account of Gothic Architecture in Spain, London 1865.

- Thiersch 1883 A. Thiersch, Proportionen in der Architektur. Ein Versuch zur Wiederherstellung der Lehre von der Analogie, in: Handbuch der Architektur, IV. Entwerfen, Anlage und Einrichtung der Gebäude, 1. Halbband Architektonische Komposition, Darmstadt 1883.
- Thomae 1933 W. Thomae, Das Proportionswesen in der Geschichte der gotischen Baukunst und die Frage der Triangulation, Heidelberg 1933.
- Tietze 1930, 1931 H. Tietze, Aus der Bauhütte von St. Stephan, in: Jahrbuch der Kunsthistorischen Sammlungen in Wien, NF IV und V, Wien 1930, S. 1 und 1931, S. 161.
- Troescher 1932 G. Troescher, Klaus Sluter und die burgundische Plastik um die Wende des 14. Jahrhunderts, Freiburg i. Br. 1932.
- Tucher Endres Tuchers Baumeisterbuch der Stadt Nürnberg (1464–1475), hrsg. durch M. Lexer, Stuttgart 1862.
- Ueberwasser 1925 W. Ueberwasser, Spätgotische Baugeometrie, Untersuchungen an den Basler Goldschmiederrissen, in: Öffentl. Kunstsammlung Basel, Jahresbericht 1924, NF XXI, Basel 1925.
- Ueberwasser 1935 W. Ueberwasser, Nach rechtem Maß, Aussagen über den Begriff des Maßes in der Kunst des XIII.—XVI. Jahrhunderts, in: Jahrb. d. Preuß. Kunstsammlungen, Bd. 6, Berlin 1935.
- Ueberwasser 1939 (Beiträge) W. Ueberwasser, Beiträge zur Wiedererkenntnis gotischer Bau-Gesetzmäßigkeiten, in: Zeitschr. f. Kunstgeschichte, VIII, 1939, S. 303.
- Ueberwasser 1939 (Freiburg) W. Ueberwasser, Der Freiburger Münsterurm im „rechten Maß“, in: Oberrheinische Kunst, Jahrbuch der oberrheinischen Museen, VIII, Freiburg 1939, S. 25.
- Ueberwasser 1949 W. Ueberwasser, Maßgerechte Bauplanung der Gotik an Beispielen Villards de Honnecourt, in: Kunstchronik II, 1949, S. 200.
- Velte 1951 M. Velte, Die Anwendung der Quadratur und Triangulation bei der Grund- und Aufrißgestaltung der gotischen Kirchen, Diss., Basel 1951.
- Violet-le-Duc 1869 M. Violet-le-Duc, Proportion. in: Dict. raisonné de l'architecture française, Bd. VII, Paris 1869.
- Vitruv Vitruvii de architectura libri decem, hrsg., übersetzt und mit Anmerkungen versehen von C. Fensterbusch, Darmstadt 1964.
- Wangart 1953 A. Wangart, Das Maßsystem des Münsters zu Freiburg im Breisgau und seine Anwendung, gezeigt an einem gotischen Meisterwerk. in: Alemannisches Jahrbuch, 1953, S. 224.



- Wangart 1972 A. Wangart, Das Münster zu Freiburg im Breisgau im Rechten Maß, Freiburg i. Br. 1972.
- Weber 1904 L. Weber, San Petronio in Bologna, Beiträge zur Baugeschichte, Leipzig 1904.
- Wedepohl 1967 E. Wedepohl, Eumetria, Das Glück der Proportionen, Maßgrund und Grundmaß in der Baugeschichte, Beiträge zur musischen Geometrie, Essen 1967.
- Weßling 1941 H. Weßling, Das Gesetz der Baukunst, Dortmund 1941.
- Weyres 1959 W. Weyres, Das System des Kölner Chorgrundrisses, in: Kölner Domblatt, Jahrbuch des Zentral-Dombauvereins, 16./17. Folge, 1959, S. 97.
- Wilkes-Rotthoff 1957 C. Wilkes und C. Rotthoff, Die Stiftskirche des hl. Viktor zu Xanten, die Baurechnungen der Jahre 1356 bis 1437, Berlin 1957.
- Wittkower 1953 R. Wittkower, Systems of Proportion, in: Architect's Year Book 5, 1953, S. 9.
- Witzel 1914 K. Witzel, Untersuchungen über gotische Proportionsgesetze, Diss., Stuttgart 1913, Berlin 1914.
- Wölfflin 1889 H. Wölfflin, Zur Lehre von den Proportionen, in: Deutsche Bauzeitung, 23, 1889.
- Wolff 1882 L. Wolff, Der Kaiserdom in Frankfurt a. M., Frankfurt a. M. 1882.
- Wyneken 1907 K. Wyneken, Der Aufbau der Form, II, Der Kanon der schönen Form, Freiburg i. Br. 1907.
- Zeising 1854 A. Zeising, Neue Lehre von den Proportionen des menschlichen Körpers, Leipzig 1854.
- Zink 1968 F. Zink, Kataloge des Germ. Nationalmuseums, Bd. I, Die deutschen Handzeichnungen, Nürnberg 1968.